साधारण विज्ञान

भौतिक शास्त्र

GENERAL SCIENCE

PHYSICS

—:o:—

लेखक

प्रोफेसर गोपाल स्वरूप भार्गव, एम० एस-सी०

—:o:—

प्रकाशक

नेशनल प्रेस

प्रयाग

१९३९

[मूल्य १)

भूमिका

हाइस्कूल परीक्षा के साधारण विज्ञान (General Science) का पाठ्य पुस्तक हिन्दी मे कोई उपस्थित न होने से विद्यार्थियों को बड़ी कठिनाई पड़ती थी। इसी कठिनाई को दूर करने के उद्देश्य से यह पुस्तक प्रकाशित की गई है। साधारण विज्ञान का पाठ्य क्रम बनाने से बोर्ड का यही अभिप्राय है कि साइस के व्यापक मूल तत्वो का विद्यार्थियों को ज्ञान प्राप्त हो जाय। इसी उद्देश्य को सामने रख कर भौतिक शास्त्र के प्रारम्भिक मौलिक सिद्धान्तों का दिग्दर्शन इस पुस्तक मे करा दिया गया है। विज्ञान का पठन पाठन बिना निरीक्षण तथा परीक्षण के नही हो सकता। यद्यपि साधारण विज्ञान कोर्स लेनेवालों को प्रयोग करने के लिए पर्याप्त समय तथा सामग्री मिलना कठिन होगा, तथापि पुस्तक के कलेवर में अनेक प्रयोग दे दिये हैं। इनमे बहुत से प्रयोग इतने सरल हैं कि विद्यार्थी गण सहज ही कर सकते हैं।

इसके अतिरिक्त विषय प्रतिपादन करते हुए नित्य के जीवन मे होने वाली घटनाओं का, जिनका निरीक्षण करना सरल तथा परमावश्यक है, हवाला दिया गया है। आशा है कि इन बातों पर विचार करने से पाठकों का जीवन अधिक ज्ञानमय तथा आनन्दमय होगा।

प्रतिपादित विषय के हृदयगम करने के उद्देश्य से चित्रों के देने में प्रकाशक ने निस्संकोच व्यय किया है। इस छोटी से १६५ पृष्ठों के ग्रन्थ मे लगभग १६० ब्लाक हैं। आशा है कि विद्यार्थियो को यह चित्र अभीष्ट लाभ पहुँचायेगे।

हम विज्ञान परिषद के मत्री को चुम्बक के कुछ ब्लाक देने के लिए धन्यवाद देते है। जो विद्यार्थी विषय को अधिक विस्तार से पढ़ना चाहते हों वह विज्ञान परिषद् की निम्नलिखित पुस्तके पढे।

विज्ञान प्रवेशिका भाग २

चुम्बक

ताप

गोपाल स्वरूप भार्गव

विषय-सूची

बहते हुए बरफ के पहाड़ (Iceberg)

पहला अध्याय

शक्ति और उसकी नाप

शक्ति (Force)

शक्ति से ससार के सारे काम चलते हैं। जो काम कर सकता है, जो गति शील है वही शक्तिमान् या शक्ति सम्पन्न कहाता है। साधारणतया गति या सचालन ही शक्ति की उपस्थिति के द्योतक समझे जाते हैं। शक्ति के रूपान्तरो पर, उसके 'प्रभावों और कार्यों पर विचार करना ही भौतिक शास्त्र (Physics) का ध्येय है।

शक्ति क्या है ?

प्रयोगशाला की बड़ी मेज को हटाने के लिए उस पर शक्ति लगाइये। क्या मेज हटने लगती है ? यदि नही, तो दो चार मित्रो को भी अपने साथ शक्ति लगाने के लिए बुला लीजिये। देखिये कि मेज अपने स्थान से हटने लगती है। एक या दो व्यक्ति की शक्ति मेज के हटाने के लिए पर्याप्त नही थी, चार व्यक्तियो की शक्ति से वह हटने लगी। यदि एक या दो और व्यक्ति सहायता दे तो मेज की गति बढ जायगी। अब यदि कुछ व्यक्ति दूसरी तरफ जाकर उस मेज को पहले से विपरीत दशा मे ठेलने लगे तो उसकी गति कम हो जायगी और सम्भव है कि रुक जाय अथवा उल्टी दिशा मे गति होने लगे।

उपर्युक्त बातो पर विचार करने से स्पष्ट है कि शक्ति

(१) स्थिर पिण्ड को गति प्रदान करती है अथवा प्रदान करने की चेष्टा करती है।

(२) गतिमान पिण्ड की गति को शक्ति घटा बढा या रोक सकती है या उसकी दिशा बदल सकती है, अतएव हम कह सकते हैं कि शक्ति वह है जिसके द्वारा किसी पिण्ड की स्थिरता अथवा समान गति की अवस्था मे परिवर्तन हो जाता है अथवा परिवर्तन होना सम्भव होता है।

जहाँ कहीं स्थिरता अथवा सम गति की दशा मे परिवर्तन होगा वहाँ कोई शक्ति अवश्य काम कर रही होगी। इसी बात को न्यूटन ने गति के पहिले नियम मे बतलाया था :—

न्यूटन का गति का पहला नियम

(Newton's 1st law of motion)

प्रत्येक पिण्ड स्थिरता अथवा समान गति की अवस्था मे रहता है, जब तक कि कोई शक्ति उस पर काम नहीं करती।

मान लीजिये कि आपने एक फुटबाल को किक किया। फुटबाल फील्ड पर लुढकती जा रही है। आपके पद प्रहार से उसमे गति उत्पन्न हुई, उसी गति से, वेग से, वह निरन्तर चलती रहेगी। परन्तु हम देखते हैं कि उसका वेग कम होता जाता है और कुछ देर बाद वह ठहर जाती है। इसका कारण है कि फील्ड की धरती से उसकी रगड होती है जिसके कारण एक शक्ति पैदा हो जाती है और यह शक्ति उसके वेग को घटाते घटाते शून्य कर देती है। कदाचित फुटबाल और फील्ड दोनो पूर्णत चिकने होते तो फुटबाल कभी न रुकती।

ऊपर की ओर फेंकी हुई गेंद क्यो गिरती है ?

पृथ्वी हर एक पिण्ड को अपने केन्द्र की ओर खीचती है और अपने तल से सटाये रखने का प्रयत्न करती है। वस्तुत॰ प्रत्येक पिण्ड भी पृथ्वी

को अपनी ओर उतनी ही शक्ति से खीचता है जितनी शक्ति कि पृथ्वी उस पर लगा रही है, परन्तु यह शक्ति पृथ्वी को तो नहीं विचलित करती। हाँ अन्य पिण्ड पृथ्वी की ओर अवश्य खिंच आते हैं।

आप एक गेंद को वेग से ऊपर की ओर फेंकिये। वह ऊपर की ओर चलती है किन्तु उसका वेग निरन्तर कम होता जाता है। कुछ काल मे वह शून्य हो जाता है तब उसकी गति पृथ्वी की ओर को होने लगती है। गिरते समय उसका वेग बढ़ता जाता है और जब वह पृथ्वी से स्पर्श करती है तो उसका वेग उतना ही होता है जितना कि ऊपर फेके जाने के समय था।

पृथ्वी की आकर्षण शक्ति पहले गेंद के वेग को घटाती है; यहाँ तक कि उसे शून्य के बराबर कर देती है और तदनन्तर उसके वेग को बढा कर अपने तल की ओर अग्रसर करती है।

मात्रा और भार

(Mass and weight)

यदि किसी पिण्ड को लेकर हम यात्रा करे—मान लो कि सामान से भरा हुआ बक्स हम लेकर चले तो उसके पदार्थ की मात्रा निरन्तर उतनी ही बनी रहेगी जब तक कि उसका कोई अंश हटाया न जाय या और कोई चीज उसमे रख न दी जाय।

परन्तु अब मान लो कि उसी बक्स को एक कमानीदार वेलेंस (Spring balance) के हुक से लटका कर किसी पहाड़ पर हम चढ़े तो देखेंगे कि वेलेस का काँटा निरन्तर ऊपर उठता जा रहा है। स्पष्ट है कि पर्वत पर चढ़ने से पृथ्वी जिस शक्ति से बक्स को अपनी ओर खीचती थी कम होती जा रही है। इसी को उस पिण्ड का भार कहते हैं। उसकी मात्रा पर्वत के नीचे उतनी ही होती है जितनी पर्वत के शिखर पर। परन्तु पर्वत मूल मे भार अधिक और शिखर पर कम हो जाता है। अतएव मात्रा और भार का भेद समझ लेना चाहिये।

जितना पदार्थ किसी पिण्ड मे रहता है वह उस पिण्ड की मात्रा (Mass) कहलाती है।

जिस शक्ति से पृथ्वी किसी पिण्ड को अपनी ओर खीचती है वह उसका भार (Weight) कहलाता है।

यदि किसी पिण्ड को पृथ्वी के भिन्न भिन्न भागों मे स्प्रिंग वेलेंस से तौला जाय तो यह पता चलेगा कि ज्यो ज्यों हम ध्रुव प्रदेश की ओर जायँगे भार बढता जायगा, भूमध्य रेखा पर भार न्यूनतम होगा। इसका कारण यह है कि ध्रुवों पर पृथ्वी का (Radius) अर्ध व्यास सबमे कम और भूमध्य रेखा पर सब से अधिक है, अतएव ध्रुव प्रदेश मे पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण अधिकतम और भूमध्य रेखा पर न्यूनतम है।

गुरुत्वाकर्षण का नियम

(Law of gravitation)

प्रत्येक दो पिण्ड परस्पर आकर्षण करते हैं। यह आकर्षण की शक्ति उन पिण्डों की मात्राओं के गुणन फल के अनुपात मे और उनके केन्द्रो की दूरी के वर्ग के विपरीत अनुपात मे होती है।

मात्रा कैसी नापी जाती है ?

दो पिण्डो की मात्राओं की तुलना करने के लिए हम साधारणत. तराजू या तुला का प्रयोग करते हैं। तुला के पलड़े मे हम बाट या बटखरे रखते हैं और दूसरे मे वह पिण्ड जिसकी मात्रा निकालना होता है।

बाँट या बटखरे क्या होते है ?

इङ्गलेण्ड मे स्टेंडर्ड्स (Standards Office) मे एक प्लाटिनम का पिण्ड रखा हे जिसकी मात्रा एक पौंड मानी जाती है। इसी की प्रति मूर्तियाँ बनाकर वितरित की जाती हैं। छोटी मात्राओ के तौलने के लिए पौंड के छोटे अश औंस आदि काम में लाये जाते हैं। बड़ी मात्राओ के लिए स्टोन, हड्रेडवेट आदि पौंड से कई गुनी भारी मात्राओ का प्रयोग होता है।

प्रयोग शाला मे हम ग्राम का प्रयोग करते हैं। ग्राम किलोग्राम का सहस्रांश है। किलोग्राम भी पेरिस नगर मे सुरक्षित रखा है। इसी की प्रति मूर्तियाँ सर्वत्र प्रचलित हैं।

साधारण तुला मे हम मात्राओ की तुलना भारो के द्वारा करते हैं। एक ही स्थान पर दो समान मात्रा वाले पिण्डो के भार भी बराबर होंगे। दूसरे स्थान पर ले जाने पर उनके भार बदल सकते हैं, परन्तु रहेगे बराबर। दोनों के भारों में जो परिवर्तन होगा वह बराबर होगा। यही कारण है कि साधारण तुला से तोले हुए दो पिण्डो की मात्राओ का अनुपात सदा एक ही बना रहता है। स्प्रिंग बेलैन्स के द्वारा दो स्थानों पर तोले हुए पिण्ड सम्भव है कि बराबर मात्रा वाले न हों, क्योंकि स्प्रिंग बैलैंस मे हम भार की माप करते हैं न कि मात्रा की।

शक्ति की नाप

(Measurement of Force)

शक्ति की इकाई की परिभाषा दे देना अब सरल हो गया। एक ग्राम के पिण्ड को पृथ्वी जिस शक्ति से खींचती है, उस शक्ति को हम एक ग्राम भार (Gram's weight) कहते हैं। स्पष्ट है कि यह इकाई भिन्न भिन्न स्थानों पर भिन्न परिमाण की होगी, क्योकि पृथ्वी की आकर्षण शक्ति ही अनेक स्थानों पर एक सी नही है। अतएव एक और इकाई काम मे लाई जाती है जिसे डैन कहते हैं।

वेग की इकाई

स्थान परिवर्तन को गति कहते हैं। मान लो कि एक पिण्ड अ गति कर रहा है। और प्रत्येक सैकन्ड मे ४० श० मी० चल लेता है। अतएव उसकी चाल की नाप हुई ४० श० मी० प्रति सैकंड। अब यदि यह भी मालूम हो कि वह किस दिशा मे गति कर रहा है तो कहेगे कि उसका वेग (Velocity) ४० श० मी० प्रति सैकंड विदित दिशा मे है।

स्पष्ट है कि वेग बतलाने के लिए दो तरह की इकाइयो का कथन करते हैं लम्बाई की और समय की। अतएव वेग की इकाई हुई १ श० मी० प्रति सैकड। यह इकाई गौण इकाई है। ब्रिटिश पद्धति मे वेग की इकाई होगी—१ फुट प्रति सैकड।

शक्ति की इकाई डैन

(Unit of force i e dyne)

यदि कोई शक्ति एक ग्राम के पिण्ड पर एक सैकण्ड तक क्रिया करके उसमे एक श० मी० प्रति सैकड का वेग उत्पन्न कर सकती है तो वह शक्ति एक डैन कहलाती है।

यदि यह शक्ति निरन्तर काम करती रहे तो वेग भी बढता चला जायगा। पहले सैकण्ड के अन्त मे वेग होगा १ श० मी० प्रति सैकड

दूसरे " " " " २ " "
तीसरे " " " " ३ " "

स्पष्ट है कि वेग परिवर्तन शील है। ऐसी दशा मे हम कहते हैं कि पिण्ड मे गत्यन्तर हो रहा है। (acceleration) गत्यन्तर का परिमाण है एक श० मी० प्रति सैकड प्रति सैकड, क्योंकि प्रत्येक सैकड मे गति का अन्तर एक श० मी० प्रति सैकण्ड होता है।

इसी लिए डैन की दूसरी परिभाषा हुई—

डैन वह शक्ति है जो एक ग्राम पर लगा देने पर उसमे १ श० मी० प्रति सै० प्रति सै० का गत्यन्तर पैदा कर सकती है।

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण

प्रयोगो द्वारा पता चलता है कि कोई भी पिण्ड पृथ्वी के आकर्षण के कारण प्रयोग मे ९७९ श० मी० प्रति सै० के गत्यन्तर से चलता है। यदि पिण्ड का मान एक ग्राम हो तो उस पर पृथ्वी ९७९ डैन की शक्ति से आकर्षण करेगी।

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण

एक ग्राम भार = ६७६ डैन। यदि किसी पिण्ड की मात्रा म ग्राम है तो उसका भार = ६७६ × म डैन। चूँकि यह संख्या ६७६ स्थानानुसार बदलती रहती है इसलिए इसके स्थान पर ग काम मे लाते है। अतएव हम कह सकते हैं कि जिस पिण्ड की मात्रा म है तो उसका भार = म × ग डैन।

दूसरा अध्याय

दबाव (Pressure)

जो शक्ति क्षेत्रफल की प्रत्येक इकाई पर काम करती है वह दबाव या चाप कहलाती है।

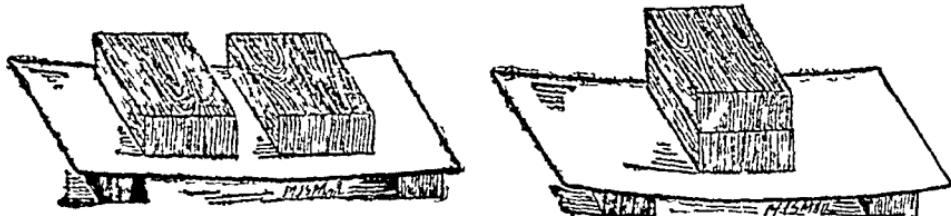
मान लो कि एक ५०० ग्राम की ईंट ली जिसका निचला भाग १६ श० मी० लम्बा और ८ श० मी० चौड़ा है। वह मेज पर रख दी गई। उसका भार मेज के १६ × ८ अथवा १२८ वर्ग श० मी० पर दबाव डाल रहा है। पृथ्वी इस ईंट को ५०० × ९७९ डैन की शक्ति से खींचती है अतएव

$$\text{शक्ति प्रति वर्ग श० मी०} = \frac{५०० \times ९७९}{१६ \times ८} \text{ डैन}$$

$$= ३८२४\ २ \text{ डैन}$$

∴ दबाव = ३८२४ २ डैन प्रति वर्ग श० मी०

ऊपर ठोस पिण्ड के दबाव का उदाहरण दिया गया है।

दबाव निकालने के लिए पूर्ण शक्ति तथा वह क्षेत्रफल जिस पर वह शक्ति लगी हुई है ज्ञात होना चाहिये। यदि इनमें कोई एक भी बदल जायगा, तो दबाव भी बदल जायगा।

चित्र १—(क) (ख)

एक कागज की दफ्ती दो ईंटों पर रख दो। इस पर दो लकड़ी के

चौकोर टुकड़े बराबर बराबर रख दो। दफ्ती लच जायगी। अब एक लकड़ी के टुकड़े को दूसरे के ऊपर रख दो। देखो क्या परिवर्तन हुआ ? कारण बताओ।

द्रव स्तम्भ का दबाव

(Pressure of a liquid Column)

एक बीकर हाथ पर रखो। देखोगे कि वह हलका है। अब उसमे क्रमशः पानी भरते जाओ। उसका वजन बढता जायगा। यह अनुभव कैसे हुआ ? क्योंकि पहले उसका हाथ पर कम दबाव था, जो क्रमशः बढता गया। अब मान लीजिये कि बीकर के पेंदे का क्षेत्र फल अ श० मी० है और पानी का बोझ व ग्राम भार है। तो पानी का बीकर की तलैटी पर दबाव होगा।

$$\text{दबाव} = \frac{\text{व}}{\text{अ}} \text{ ग्राम भार प्रति वर्ग श० मी०}$$

$$= \frac{\text{व}}{\text{अ}} \times \text{ग डैन प्रति वर्ग} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

(जहाँ ग पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण का परिमाण है)

यदि बीकर मे पानी की ऊँचाई "स" शतांश मीटर हो तो पानी का आयतन $=$ स $\times$ अ घन श० मी० और उसका वजन $=$ स $\times$ अ $\times$ घ ग्राम भार।

(यदि घ ग्राम प्रति घन श० मी० पानी का घनत्व हो तो।

अतएव बीकर के पेंदे पर

$$\text{दबाव} = \frac{\text{स} \times \text{अ} \times \text{घ}}{\text{अ}} \text{ ग्राम भार प्रति व० श० मी०}$$

$$= \text{स} \times \text{घ} \quad \text{ग्राम भार} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

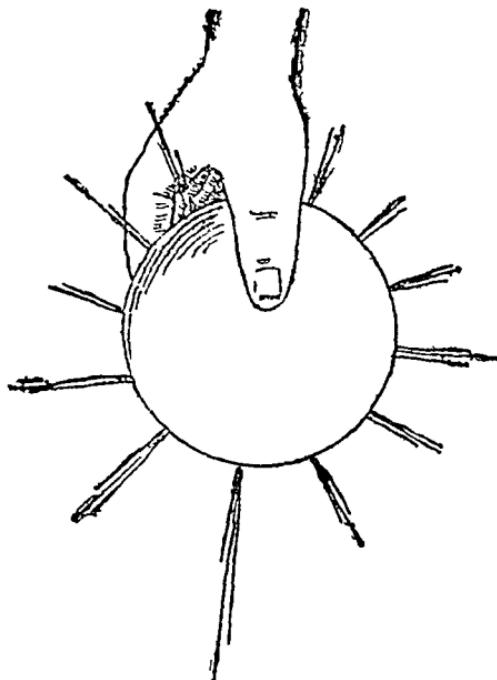
$$= \text{स} \times \text{घ} \times \text{ग डैन} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

स्पष्ट है कि दबाव पानी की ऊँचाई और उसके घनत्व पर निर्भर है, न कि पेंदे के क्षेत्र फल पर। अतएव जितनी अधिक ऊँचाई होगी उतना

ही अधिक दबाव होगा। यदि पानी के स्थान पर कोई अन्य गुरुतर तरल भर दे तो भी दबाव बढ जायगा।

द्रव-स्तम्भ के बीच में दबाव

(Pressure inside a liquid column)

मान लीजिये कि एक बर्तन मे या हौज मे पानी भरा है। क्या उसके पेदे पर ही दबाव पड रहा है। आप अपना हाथ पानी मे डालिये, एक बार हथेली को खडा रख कर, दूसरी बार पृथ्वी के समानान्तर रख कर। देखिये हाथ को नीचे ले जाने मे कब परिश्रम अधिक हुआ। अब हाथ को दोनो प्रकार निकालने का प्रयत्न कीजिये। किस प्रकार निकालने मे अधिक परिश्रम करना पडता है?

चित्र २

इस प्रयोग से स्पष्ट हो जायगा कि पानी मे जितनी अधिक निचाई से

हथेली उठाने का प्रयत्न किया जायगा उतना ही अधिक परिश्रम करना पड़ेगा। स्पष्ट है कि जितनी अधिक गहराई पर हथेली होगी उतना ही अधिक दबाव अतएव अधिक प्रयत्न करना पड़ेगा।

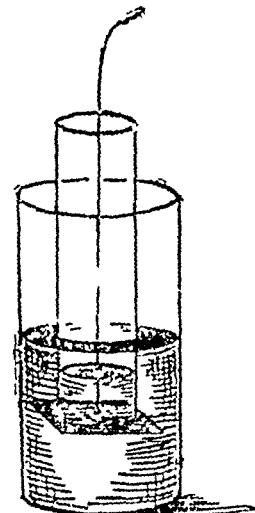
किसी भी गहराई पर दबाव निकालने का सूत्र वही है जो ऊपर दिया जा चुका है। अर्थात् दबाव = ग × घ ग्राम भार प्रति व० श० मी०

क्या द्रव का दबाव नीचे की ओर ही होता है ?

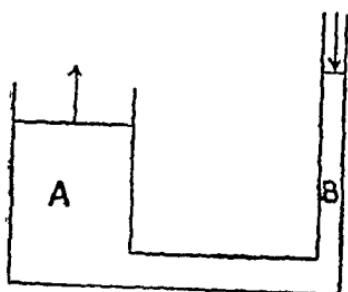
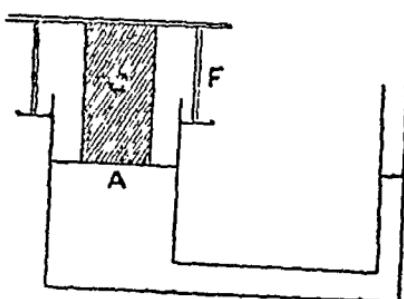
प्रयोग—एक रबड़ की गेंद लेकर उसमें एक छेद कर लो और पानी भर दो। छिद्र को एक अँगुली से बंद करो. अब एक सुई लेकर गेंद में जगह जगह चुभो दो। यदि अब गेंद दबाई जाय तो पानी सभी बारीक छिद्रों में से सम वेग से निकलने लगेगा यह भी ज्ञात होगा कि सभी धाराएँ केन्द्र से आरही हैं। स्पष्ट है कि दबाव चारों ओर समान परिमाण में सचालित होता है।

प्रयोग एक लम्बे घट में पानी भर कर उसमें एक काँच की नली जिसके मुँह पर, डोरे से बँधा टीन का टुकड़ा लगा हो डुबोने का प्रयत्न करो। देखोगे कि पानी के तल के नीचे पहुँचते ही, टीन के पत्र को डोरे से खीचना आवश्यक नहीं है। पानी का दबाव उसे नली के मुँह से सटाये रखता है। अब देखोगे कि पानी धीरे धीरे ट्यूब में घुसने लगेगा। जब पानी का तल ट्यूब में बाहर के पानी के तल के बराबर हो जायगा टीन का टुकड़ा स्वतः गिरने लगेगा।

चित्र ३

स्पष्ट है कि पानी का दबाव टीन पर ऊपर की तरफ पड़ रहा है और जब टीन पत्र पर बाहर भीतर का दबाव बराबर हो जाता है तो अपने भार के कारण पत्र नीचे की ओर गिरने लगता है।

ब्रह्मा का प्रेस

(Bramah's Press)

दो नलिकाएँ A तथा B परस्पर जुडी हुई हैं। A का व्यास B के व्यास से कई गुना बडा है। यदि दोनों मे पानी भर कर डट्टे लगा दिये जायँ और B के डट्टे पर एक भार P रख दिया जाय तो दूसरा डट्टा ऊपर उठने लगेगा। यदि A का चेत्र फल B से दस गुना है तो A के डट्टे पर १० P का भार लादना पडेगा तब कही उसमे का डट्टा अपने स्थान पर

चित्र ४ चित्र ५

रहेगा। स्पष्ट है कि यदि एक आदमी अपनी शक्ति B पर लगा रहा है तो A पर दस आदमियो को शक्ति लगानी पड़ेगी। रुई के गद्दो के दबाने के लिये इस यत्र को काम मे लाया जाता है। A के डट्टे के ऊपर गद्दा रख दिया जाता है। जब B के मुँह पर शक्ति लगाई जाती है तो गद्दे पर दस गुनी शक्ति काम करेगी और उसको उठायेगी। यदि उसके ऊपर एक प्लेटफार्म F है तो उसके और डट्टे के बीच मे गद्दा दब जायगा। यदि A का चेत्रफल B से १००० गुना अधिक है तो १००० गुनी शक्ति से गद्दा दबेगा।

यद्यपि शक्ति १००० गुनी होगी परन्तु दबाव दोनों ओर बराबर होगा।

$$\text{दाहिनी ओर दबाव} = \frac{P}{A \text{ का क्षेत्र फल}}$$

$$\text{बाईं " "} = \frac{१००० P}{B \text{ का क्षेत्रफल}}$$

$$= \frac{१००० P}{१००० \times A \text{ का क्षेत्रफल}}$$

$$= \frac{P}{A \text{ का क्षेत्रफल}}$$

प्रश्न

(१) कुर्सी पर बैठने से अथवा उस पर खड़े होने से अधिक दबाव पड़ता है ?

(२) चारपाई पर बैठने, लेटने अथवा खडे होने से उसके टूटने की सम्भावना कब अधिक होती है ?

तीसरा अध्याय

घनत्व

(Density)

लोहे, सीसे, पीतल, मट्टी के चौकोर वर्गाकार टुकड़े बनालो। मान लो कि प्रत्येक वर्ग का भुज एक श० मी० है। इनको सावधानी से तुला में रख कर तोल लो। यदि ठीक ठीक नाप की जायगी तो इस प्रकार परिमाण निकलेगा :—

१ घन श० मी० लोहे का वजन = १० ८ ग्राम
,, ,, सीसे ,, = ११ ६ ,,
,, ,, पीतल ,, = ८ ७ ,,

स्पष्ट है कि बराबर आयतन वाले भिन्न पदार्थों के टुकडो के भार भिन्न होते हैं। अथवा यों कहिये कि पदार्थों का घनत्व अलग अलग होता है। किसी भी पदार्थ के एक घ० श० मी० आयतन के भार को उसका घनत्व (Density) कहते हैं।

अब मान लीजिये कि किसी पदार्थ का घनत्व निकालना है तो उसके सम भुज घन बनाने मे बडा परिश्रम होगा। अतएव उसका आयतन निकाल लेना चाहिये और तदनन्तर उसको तौल लेना चाहिये। यदि उसका भार भ ग्राम है और आयतन आ घ० श० मी० है तो उसके एक घ० श० मी० का भार अथवा उसका घनत्व होगा $\frac{भ}{आ}$ प्रति घ० श० मी०

आयतन निकालने की विधि

(Determination of Volume)

पहली विधि

यदि ठोस वस्तु किसी ज्यामितीय आकार की है तो उसका आयतन

सहज ही निकाल सकते हैं किन्तु यदि वह बेडौल हो तो नीचे लिखी विधि काम मे ला सकते हैं—

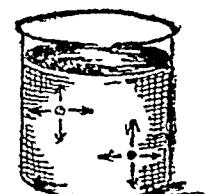
एक घट मे कुछ पानी भरो इतना कि वस्तु उसमे डूब सके। पानी के तल का द्योतक निशान घट पर लगा दो। अब उक्त वस्तु को पानी मे डुबो दो। पानी का तल उठ जायगा। नये तल का द्योतक निशान भी लगा लो। अब उस वस्तु को सावधानी से निकाल लो। उसके साथ पानी की बूँदे बाहर न आने पावे। अब किसी नपने घट से पानी उस घट मे छोड़ते जाओ यहाँ तक कि पानी दूसरे निशान तक चढ जाय। इस प्रकार उस वस्तु का आयतन उतना होगा जितना पानी कि घट मे छोडा गया है। उसी वस्तु को तौल कर उसका भार भी निकाल सकते है। इस प्रकार वस्तु का आयतन तथा भार मालूम कर लेने पर उस पदार्थ का घनत्व भी मालूम हो जायगा जिसकी वह बनी है।

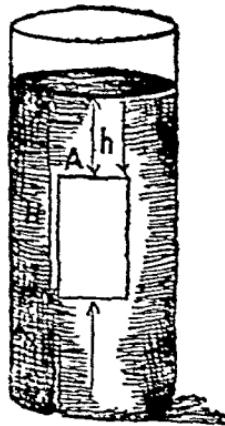
चित्र ६

अर्कमीदिस का सिद्धान्त

(Principle of Archimedes)

दूसरी विधि

किसी घट मे रखे हुए पानी के भीतर कल्पना कीजिये कि पानी का एक घनाकार पिण्ड है। क्या यह गतिमान है या स्थिर ? यदि स्थिर है तो दाएँ बाएँ और आगे-पीछे का दबाव बराबर होना चाहिये। किन्तु वह ऊपर या नीचे की ओर भी गति नही करता। अतएव जो शक्ति ऊपर से नीचे की ओर काम कर रही है वह उस शक्ति के बराबर होनी चाहिये जो नीचे से ऊपर की ओर काम कर रही है।

चित्र ७

नीचे की तरफ़ काम करने वाली दो शक्तियाँ हैं उसका भार और उसके ऊपर के तल का दबाव। ऊपर की तरफ केवल नीचे के तल का दबाव काम कर रही है।

चित्र ८

ऊपर के तल का दबाव + भार

= नीचे के तल का दबाव

∴ नीचे के तल का दबाव — ऊपर के तल का दबाव = भार

अब कल्पना कीजिये कि इस समघनाकार पानी को हटा कर उतना ही बड़ा एक पीतल का टुकडा उसके स्थान पर रख दे, तो आगे पीछे, दाएँ-बाएँ के दबाव तो एक दूसरे को रोक लेंगे और साम्यावस्था में रहेंगे। परन्तु नीचे का दबाव ऊपर के दबाव से सम आयतन वाले पानी के भार के परिमाण में अधिक है। अतएव पीतल का भार कम हो जायगा। उसके भार की कमी समाकार पानी के भार के बराबर होगी।

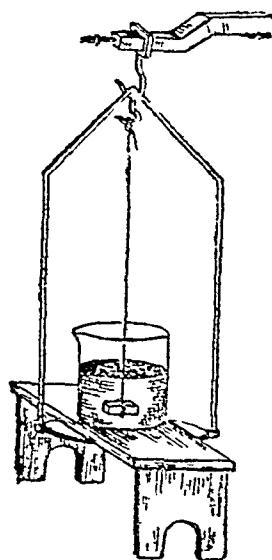
मान लीजिये कि १० घ० श० मी० का पीतल का टुकडा पानी में रखा गया तो उसके भार में कमी होगी १० घ० श० मी० पानी के भार अथवा १० ग्राम के बराबर (क्यों १ घ० श० मी० पानी का भार १ ग्राम है) स्पष्ट है कि उसके भार की कमी को मालूम करके उसका आयतन भी निकाला जा सकता है।

उपर्युक्त उदाहरण मे यदि भार मे, न्यूनता १० ग्राम की हुई तो उस पीतल के टुकड़े का आयतन हुआ १० घ० श० मी० ।

बेडौल टुकड़े के सम्बन्ध मे भी उपर्युक्त तर्क लागू है क्योंकि दबाव केवल ऊँचाई पर निर्भर है न कि क्षेत्र फल पर।

अर्कमीदिस का सिद्धान्त

जब कभी कोई वस्तु किसी द्रव मे डुबो दी जाती है तो उसका भार कम हो जाता है। यह भार की न्यूनता सम आयतन वाले द्रव के भार के बराबर होती है।

यह आयतन निकालने की सरल विधि है। पहले वस्तु को साधारण रीति से तौल लो। तदनन्तर उसको तुला के पलड़े से ऐसे बाँधकर एक

चित्र ६

पानी भरे घट मे लटका दो कि वह पानी के मध्य मे तुला दण्ड उठाने पर रहे। इस स्थिति मे फिर तोल लो। दोनो तौलों का अन्तर उस वस्तु का आयतन होगा।

वस्तु का वायु मे भार = $अ_१$ ग्राम

,, पानी मे ,, = $अ_२$,,

∴ ,, आयतन = $अ_१ - अ_२$

∴ ,, घनत्व = $\frac{अ_१}{अ_२ - अ_१}$

आपेक्षिक घनत्व

(Relative Density or Specific Gravity)

हमने ऊपर माना है कि १ घ० श० मी० पानी का भार १ ग्राम है। परन्तु ऐसा तभी होता है जब पानी का तापक्रम ०° श हो। ऊपर का प्रयोग सदा ०° श पर नही किया जा सकता है। अतएव इस प्रकार जो मान आवे उसे प्रयोग के तापक्रम पर उस पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व कह सकते है। इसका अर्थ यह होगा कि जिस तापक्रम पर प्रयोग किया गया है, उस तापक्रम पर समान आयतन वाले उस पदार्थ और पानी के भारो मे क्या निष्पत्ति है।

अतः स्मरण रहे कि आपेक्षिक घनत्व एक निष्पत्ति है और घनत्व एक घन श० मी० का भार है। तापक्रम बढने से पानी का घनत्व कम होता जाता है :—

४° श पर पानी का घनत्व = १ ००० ग्राम प्रति घ० श० मी०

१५° ,, ,, = ० ९९९ ,, ,,

२५° ,, ,, = ० ९९७ ,, ,,

अतएव साधारणतया कह सकते हैं कि घनत्व और आपेक्षिक घनत्व की द्योतक सख्याए प्रायः एक ही होती हैं।

द्रवों का घनत्व

(Density of a liquid)

एक ही वस्तु को वायु मे तौलने के पश्चात् हम क्रम से किसी द्रव मे और तदनन्तर पानी में डुबा कर तोल सकते हैं। जो भार मे

न्यूनता आयगी वह समान आयतन वाले द्रव तथा जल के भारो के समान होगी।

किसी वस्तु का वायु मे भार = $अ_1$ ग्राम

उसी ,, ,, स्प्रिट ,, ,, = $अ_2$,,

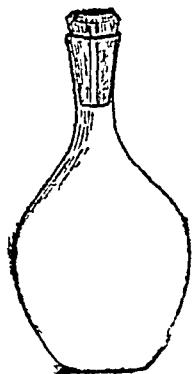
,, ,, ,, पानी ,, ,, = $अ_3$

$\therefore$ स्प्रिट मे भार की न्यूनता = $अ_1 - अ_2$

और पानी ,, ,, = $अ_1 - अ_3$ ।

इसलिए उक्त वस्तु के आयतन के बराबर पानी और स्प्रिट ली जाय तो उनका भार होगा $अ_1 - अ_3$ और $अ_1 - अ_2$ ग्राम

$$\therefore \text{स्प्रिट का आ० घ०} = \frac{अ_1 - अ_2}{अ_1 - अ_3}$$

घनत्व शीशी (Density bottle)—यह एक छोटी सी शीशी होती है जिसमें प्रायः २० या २५ घ० श० मी० द्रव अमा सकता है।

चित्र १०

इसमें एक ठोस डाट लगी रहती है जो घिस कर उसमे ठीक बैठाली जाती है। डाट के बीचो बीच में एक छेद भी रहता है। इस प्रकार प्रयोग करो :—

खाली शीशी का भार $=$ अ$_{१}$ ग्राम

पानी से भरी ,, ,, $=$ अ$_{२}$,,

द्रव ,, ,, ,, ,, $=$ अ$_{३}$,,

∴ समान आयतन वाले पानी और द्रव का भार हुआ (अ$_{३}$ — अ$_{१}$) और (अ$_{२}$ — अ$_{१}$)

$$\therefore \text{द्रव का आ० घ०} = \frac{\text{अ}_{३} - \text{अ}_{१}}{\text{अ}_{२} - \text{अ}_{१}}$$

पहली वार शीशी साफ और सूखी हो, प्रत्येक द्रव से भरने के पहले द्रव से शीशी को खँगाल लेना चाहिये। द्रव भरते समय पहले ऊपर तक शीशी को द्रव से भर लो तदनन्तर डाट का निचला सिरा द्रव मे डुबो कर शीशी मे भरे द्रव के साथ सटाकर धीरे से छोड़ दो। डाट अपने स्थान पर बैठ जायगी और द्रव कुछ बगल में होकर और कुछ डाट के छिद्र से निकल जायगा। तदनन्तर शीशी को ऊपर से धोकर साफ करके, सुखा कर तौलना चाहिये।

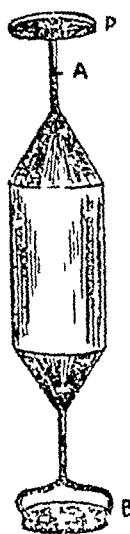
घनत्वमापक

(Hydrometer)

यह एक वेलनाकार मध्य भाग वाला यत्र होता है। मध्य भाग के ऊपर तथा नीचे दो पलड़े से लगे रहते हैं। ऊपर का भाग बिम्बाकार, निचला स्तूपाकार रहता है। स्तूप मे कोई भारी वस्तु इसलिए भर देते हैं कि यंत्र पानी मे तैराने पर सीधा रहे। ऊपर के भाग की डंडी पर एक निशान लगा रहता है :—

प्रयोग नीचे की सारिणी के अनुसार किया जाता है —

यंत्र को पानी मे निशान तक डुबोने के लिए जो बॉट ऊपर रखे जाते हैं $=$ अ$_{१}$ ग्राम। अब जिस पदार्थ का घनत्व निकालना हो उसका

एक छोटा सा टुकड़ा ऊपर के पलड़े में रखकर, जितने बॉट उसे फिर निशान तक पानी में डुबोने के लिए ऊपर रखे जायँ $=$ अ$_2$ ग्राम।

चित्र ११

∴ पदार्थ के टुकड़े का भार $=$ अ$_1$ $-$ अ$_2$ ग्राम।

अब उस टुकड़े को नीचे के पलड़े में रख कर फिर ऊपर के पलड़े में बाट रखो कि यत्र डडी के ऊपर बने निशान तक डूब जावे। इन बाटों का वजन $=$ अ$_3$ ग्राम

∴ पानी मे डूबने पर टुकड़े के भार की न्यूनता $=$ अ$_3$ $-$ अ$_2$ ग्राम

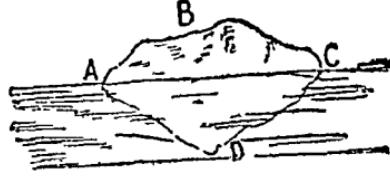
$$\therefore \text{आ० घ०} = \frac{\text{अ}_1 - \text{अ}_2}{\text{अ}_3 - \text{अ}_2}$$

चौथा अध्याय

तैरते या उतराते पिण्ड

(Floating Bodies)

एक पीतल की हल्की सी कटोरी लो। उसे एक तुला से लटका कर तौल लो। तदनन्तर एक बर्तन में पानी भर उसे इस प्रकार उठाओ कि कटोरी पानी पर तैरने लगे। देखोगे कि बटखरों वाला पलड़ा एकदम नीचा हो जाता है और जब तक कुल बाट नही निकाल लोगे फिर डडी सीधी न होगी। इस तैरती अवस्था मे कटोरी का भार कुछ नही अथवा शून्य है।

उतराते हुए पिण्ड का भार शून्य होता है।

चित्र १२

अब एक चौडे मुँह का नपना घट लेकर उसमे कटोरी उतरा दो। देखोगे कि कटोरी का कुछ हिस्सा पानी के अन्दर है और कुछ बाहर। यदि कटोरी का भार १० ग्राम है तो नपने पर दृष्टि डालने से पता चलेगा कि कटोरी उतराने पर १० घ० श० मी० पानी चढ़ जाता है और उसके हटा लेने पर १० घन श० मी० पानी उतर जाता है। अतएव उतराता हुआ पिण्ड अपने भार के समान भार वाले पानी को हटाता है।

मानलो कि एक लकड़ी का टुकड़ा १०० ग्राम का है। उसका आयतन १५० घन श० मी० है। जब वह पानी मे छोड़ा जायगा तो १०० श० मी० पानी हटायेगा। अर्थात् उसका १०० घ० श० मी० भाग पानी मे डूबा रहेगा और ५० घ० श० मी० ऊपर रहेगा। यदि इस टुकड़े पर २५ ग्राम का बोझ रख दिया जाय तो २५ घ० श० मी० और नीचे चला जायगा। यदि २५ ग्राम का और कोई बोझ उस पर लाद दिया जाय तो वह ठीक सतह के पास या नीचे तैरेगा। वस्तुतः यदि दोनो पिण्ड उससे बाँध दिये जायें तो पानी में किसी भी गहराई पर वह तैराया जा सकता है।

बरफ का घनत्व

(Density of ice)

एक बीकर मे कुछ स्पिरिट लो। उसका घनत्व निकाल लो। तदनन्तर उसमे एक बरफ का टुकड़ा छोड़ दो। और हिलाते जाओ। बरफ बीकर के पेंदे पर जा टिकेगी। जैसे जैसे बरफ गल कर पानी बनेगा और स्पिरिट मे मिलेगा उसका घनत्व बढने लगेगा। जब उसका घनत्व बरफ़ के बराबर हो जायगा तो बरफ उसमे या तो ठीक तल के नीचे या कही भी किसी गहराई पर भी तैरने लगेगी। जब यह दशा आ जाय तो बरफ निकाल कर फेंक दो और मिश्रण का घनत्व निकाल लो। यही घनत्व बरफ का भी होगा।

बरफ़ के बहते पहाड़

(Iceberg)

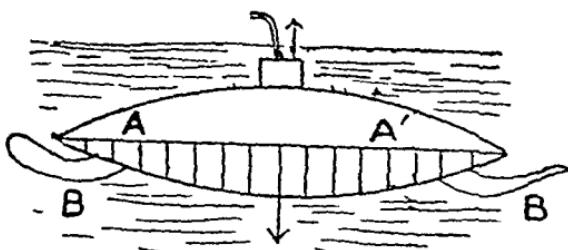
ध्रुव प्रदेश के पास बरफ के बड़े बड़े पर्वताकार पिण्ड बहते हुए समुद्र मे इधर उधर फिरते हैं। बरफ का घनत्व ९१७ ग्राम प्रति घ० श० मी० होता है। समुद्र के जल का घनत्व १०२७ के लगभग होता है। अतएव स्पष्ट है कि उसका प्रायः ९/१० भाग पानी के नीचे रहेगा और

१/१० भाग ऊपर। अतएव दूर से जो पिण्ड छोटा प्रतीत होगा वह इतना बड़ा हो सकता है कि जहाज से टकरा कर उसे तोड़ दे।

जब तुम त्रिवेणी स्नान करने जाओ तो स्वयं किनारे पर खड़े होकर नाव पर रंगीन खड़िया से कई निशान लगा दो। पहिला निशान पानी के तल पर हो और बराबर दूरी पर ऊपर की ओर निशान लगाते जाओ। अब अपने साथियों को एक एक करके नाव पर धीरे से चढने को कहो। देखोगे कि क्रमशः नाव पानी मे डूबने लगेगी। जब नाव और उसमें रखे हुए सामान और बैठी हुई सवारियो का बोझ नाव के बराबर आयतन वाले पानी के भार के बराबर होगा तब वह डूबने वाली होगी।

जहाज पर भी ऐसी लकीरे बना दी जाती हैं। सागरों के पानी के घनत्व तथा तापक्रम पर विचार करके यह बतलाया जाता है कि ऐसे तापक्रम पर ऐसे पानी मे इस रेखा तक या उसके नीचे पानी रहना चाहिये। यही उसमे लादे जाने बोझ की सीमा है।

पनडुब्बी नाव
(Submarines)

A तथा 'A' बैलेस्ट टैंक है। इनमे जब चाहें पानी भर सकते हैं। इन कुण्डों का आकार ऐसा होता है कि जब इनमे पानी भर दिया जाता है

चित्र १३

तो पनडुब्बी नाव का घनत्व पानी से थोडा सा अधिक हो जाता है। अतएव जब पनडुब्बी को डुबोना होता है वेल्व खोल कर कुण्डों में पानी भर जाने देते हैं। नाव एक दो मिनट मे ही डूबने लगती है। B, B,

धरातल के समानान्तर पतवार लगी रहती हैं जिनसे डूबने की गति का निरोध किया जाता है। और जिस गहराई पर चाहे ठहर सकते हैं। जब नाव को ऊपर आना होता है तो पानी पम्पों द्वारा निकाल दिया जाता है।

वैलून
(Balloon)

वैलून मे उसकी बैठक थैले आदि का भार तो $व_{१}$ उसे नीचे की तरफ खींचता है, इसी प्रकार जो उसके थैले मे भरी हुई गैस है उसका वजन $व_{२}$ भी उसे नीचे की ओर खींचता है। परन्तु जितनी वायु को वह हटाता है, उस वायु के भार $व_{३}$ के समान शक्ति उसे उछालती है, अतएव स्थिरता के लिए—

$$व_{१} + व_{२} = व_{३}$$

जब बैलून को उठाना अभीष्ट होता है तो वेलेस्ट (रेत) को क्रमशः निकाल कर फेकते हैं। इस प्रकार $व_{१}$ कम हो जाता है और बैलून उठने लगता है, यहाँ तक कि वायु मण्डल के उस भाग मे पहुँच जाता है जहाँ घनत्व कम होने से $व_{३}$ कम होकर फिर से $व_{१} + व_{२}$ के बराबर हो जाता है। जब उसको उतारना होता है तो गैस को निकाल देते हैं, जिससे आयतन, अतएव हटाई हुई वायु का आयतन भी, कम हो जाता है और उछाल घट जाती है। इसीलिए वैलून पृथ्वी की ओर अग्रसर होता है। मानलो एक वैलून है जिसमे १६००० घनफीट कोल गैस भरी हुई है। इस गैस का भार = १६००० × ·०३५ = ५६० पौंड हुआ। यदि उसके थैले और बैठक का भार २५० पौंड हो तो उसे नीचे की ओर खींचने वाली शक्ति होगी ८१० पौण्ड। १६००० घनफुट हवा का भार = ०८०० × १६००० = १२९१ पौण्ड। अतएव इस वैलून पर १२९१ — ८१० अथवा ४९१ पौण्ड का भार लादा जा सकता है। यदि कोल गैस के स्थान पर हीलियम गैस भरे तो और अधिक और उद्जन गैस भरने से इस से अधिक भार वहन शक्ति होगी।

पाँचवाँ अध्याय

वायु का दबाव

(Atmospheric Pressure)

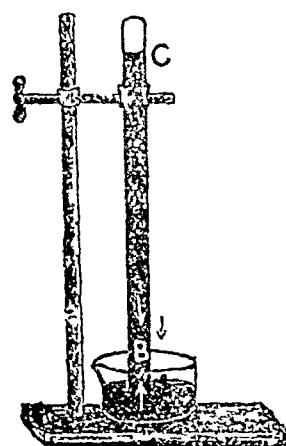
एक काँच की नली लो। उसका एक सिरा पानी मे डुबो दो। दूसरा सिरे पर मुँह लगा कर ऊपर के हवा खीचो, पानी नली मे चढेगा। प्राचीन काल मे इसकी व्याख्या यह कह कर की जाती थी कि प्रकृति शून्य से घृणा करती है, अतएव जब हवा खींच ली जाती है, तो पानी उसके स्थान पर चढ जाता है।

चित्र १४

गैलिलियो ने पम्प लगा कर इस विधि से पानी चढाने का प्रयत्न किया, परन्तु पानी ३२ फीट से अधिक न चढ़ा। कई बार उसने पम्प की मरम्मत कराई परन्तु ३२ फीट से अधिक पानी न चढा।

इधर गैलिलियो के एक शिष्य ने एक गज भर की नली ली, जिसका एक सिरा गरम करके बन्द कर दिया था। उसमे पारा भर कर उसका मुँह

पारे भरे प्याले मे डुबो कर उसको सीधा खड़ा कर दिया। पारा उतर कर ३० इञ्च पर ठहर गया। स्पष्ट है कि पारे के ऊपर शून्य स्थान है। अतएव पारा केवल ३० इञ्च तक और पानी ३२ फुट तक चढ सकता है। इसके बाद शून्य मे आकर्षण शक्ति नही रहती। शून्य के प्रति प्रकृति की घृणा एक हद तक काम करती है, वह भी भिन्न पदार्थों के साथ भिन्न परिमाण मे।

चित्र १५

टौरिसेली ने यह तर्क किया कि पारे का स्तम्भ उस दबाव के कारण ठहरा रहता है जो प्याले के पारे के ऊपर पड़ता है। यदि उसका यह मत ठीक था तो पानी से भर कर उपर्युक्त प्रयोग किया जाय तो पानी की ऊँचाई पारे से १३ ६ गुनी अधिक होनी चाहिये। प्रयोग करके देखा गया तो ऐसा ही पाया गया। इस प्रयोग से गैलिलियो के पम्प का रहस्य भी खुल गया। पम्प केवल हवा को खीच कर बाहर कर देता था, अतएव वायु के दबाव से पानी ऊपर चढ़ जाता था।

क्या वायु पदार्थ का रूपान्तर है ?

(Is air a form of matter ?)

पदार्थ या द्रव्य क्या है ? इस प्रश्न का ठीक ठीक उत्तर देना तो कठिन है, परन्तु साधारणतः यह कह सकते हैं कि जो जगह घेरता हो, जिसमे भार हो और जो शक्ति का वाहन कर सकता हो वह पदार्थ है।

क्या वायु जगह घेरती है ?

प्रयोग—एक कॉच का गिलास लेकर उसे औधा कर दीजिये और इसी तरह उसे किसी पानी भरे बर्तन मे डुबोइये। देखियेगा कि गिलास

मे पानी नही जाता। क्यों? अब जरा उसको टेढा कीजिये। कुछ हवा उसमे से निकल जायगी और पानी क्रमशः भरता जायगा। इस प्रयोग से सिद्ध हुआ कि हवा के रहने के लिए स्थान चाहिये।

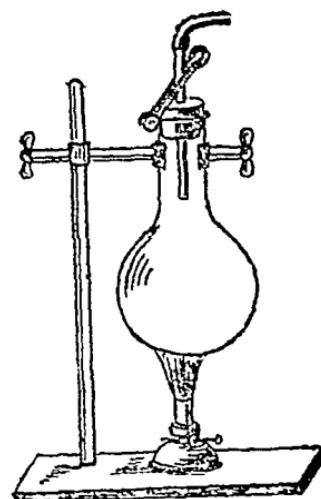
गिलास को पानी मे डुबो कर पानी भर लीजिये और उसको किसी बर्तन मे औंधा खडा कर दीजिये। अब एक काँच की लम्बी नली लेकर उसका एक सिरा गिलास के नीचे रखिये और दूसरे सिरे से हवा फूँकिये। जैसे जैसे हवा गिलास मे भरेगी, पानी निकलता जायगा।

क्या हवा में वज़न होता है ?

(Does air possess weight ?)

प्रयोग—एक कुप्पी लेकर उसका मुँह काग से बन्द कर दो। इस काग के बीचो बीच छेद करके उसमे एक बित्ते भर की कॉच की नली लगा दो। कुप्पी मे लगभग ½ पानी भर दो। काग से उसका मुँह बन्द कर तिपाई पर जाली लगा कर उस पर रखो और गरम करो। साथ ही एक रबड ट्यूब का टुकड़ा कॉच की ट्यूब के ऊपर के सिरे पर लगा दो। जब पानी खौलने लगे, बरनर को हटाकर, रबड़ ट्यूब को क्लिप से कस दो। जब फ्लास्क ठडी हो जाय उसको तौल लो। तदनन्तर क्लिप ढीला करो। देखोगे कि वायु शब्द करती हुई फ्लास्क मे प्रवेश करती है। बात यह है कि जब पानी खौल रहा था तो जल वाष्प ने सब वायु निकाल

चित्र १६

दी थी। ठडा होने पर जल वाष्प भी जम गई और कुप्पी मे खाली जगह रह गई, उसी शून्य स्थान को भरने के लिए हवा प्रवेश करती है। अब कुप्पी को दुबारा तौलो। जो भार में अधिकता जान पड़े वही उस हवा

का भार है जो कुप्पी मे भर गई। अब उस कुप्पी में नपने से पानी भर कर जान लो कि कितनी हवा उसमे है। हवा का आयतन और भार दोनो मालूम हुए। इसलिए घनत्व भी ज्ञात होगा। परीक्षा से मालूम हुआ है कि १ घन श० मी० वायु का भार ००१२६३ ग्राम होता है।

यदि हवा मे भार होता है तो उसका दबाव भी पड़ना चाहिये। वस्तुतः हमको हवा चारो ओर से दबा रही है। बाहर से ही नही बल्कि भीतर से भी, इसीलिए हमको कुछ पता नही चलता। यदि कहीं किसी शरीर के भाग से वायु का दबाव कम कर दिया जाय तो अनेक उपद्रव खड़े हो सकते है।

सिंगीवाले सीध के चौड़े भाग को किसी अग पर रख कर उसके ऊपर के छेद से वायु को खीच लेते हैं, तो त्वक् रध्रों मे से रुधिर निकलने लगता है। इसी प्रकार यदि कोई मनुष्य बैलून आदि मे उड़ कर बहुत ऊँचाई पर चला जाय तो पहले बेचैनी मालूम होगी, फिर फेफड़ों मे फटन सी मालूम होगी और अन्त मे शरीर की शिराएँ और धमनियाँ फट जायँगी और खून शरीर से बहने लगेगा। समुद्र की गहराई में रहने वाली मछलियाँ भी जब ऊपर के भाग में आ जाती हैं तो उनके शरीर भी फट जाते हैं। पहाड़ों पर चढने वाले जब बहुत ऊँचाई पर पहुँच जाते हैं तो उनकी भी बड़ी दुर्दशा हो जाती है।

वायु का दबाव

(Atmospheric Pressure)

टौरिसेली ने यह भी तर्क किया कि यदि भारमापक मे पारद स्तम्भ की ऊँचाई वायु के दबाव पर निर्भर है तो पहाड़ों पर चढ़ने पर उसकी ऊँचाई कम हो जानी चाहिये और गहरी खदानों मे पहुँचने पर बढ़ जानी चाहिये। पैरिस के पास ही उन्होने यह दोनों बाते प्रयोगों द्वारा सिद्ध कर दिखाई।

वायु का दबाव = पारद के ७६ श० मी० स्तम्भ के दबाव के।
= ७६ × १ × १३ ६ × ९७१
= १०११८९४ ४ डैन प्रति वर्ग श० मी०

इसका यो अन्दाज लग सकता है कि प्रत्येक वर्ग इञ्च पर लगभग ७ सेर का दबाव पड़ता है। अनुमान कीजिये कि आपके शरीर पर कितना दबाव पड रहा है?

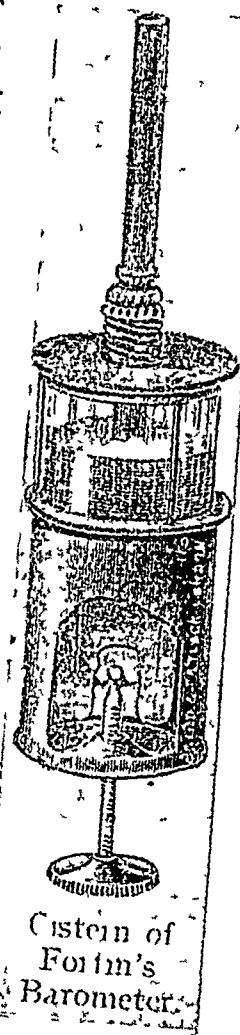
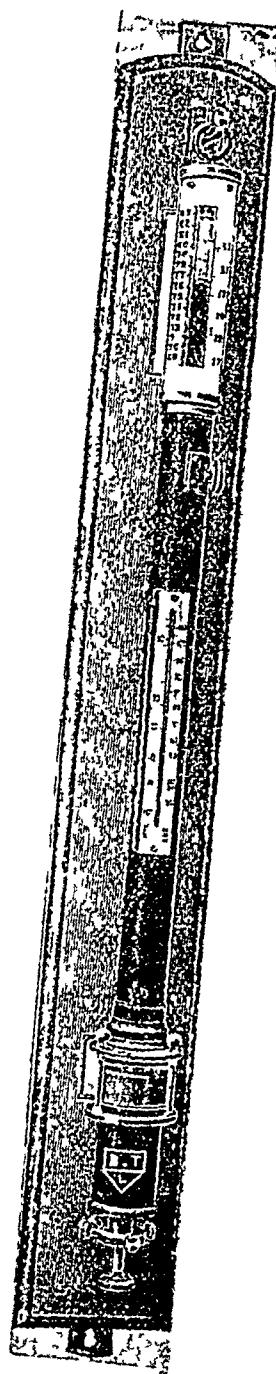
वायु-भारमापक

(Barometer)

एक साधारण भारमापक ३६ इञ्च लम्बी नली मे पारा भर कर, उसका मुँह अँगूठे से बन्द कर और पारे मे डुबो कर अँगूठा हटा लेने से और नली को सीधा खड़ा कर देने से बन जाता है। परन्तु वायु का दबाव निरन्तर एक सा नही रहता। अतएव पारद का स्तम्भ भी ऊँचा नीचा होता रहता है। जब दबाव बढता है, स्तम्भ अधिक ऊँचा हो जाता है और प्याले में से कुछ पारा नली मे घुस कर प्याले मे पारद तल को नीचा कर देता है। नली मे पारद तल ऊँचा हुआ और प्याले मे नीचा अतएव उसकी ऊँचाई नापने के लिए माप-दण्ड (स्केल) पर दो जगह अक पढने पडेगे। यदि एक ही जगह अक पढना पडे तो अधिक सुभीता होगा। दूसरे प्याले मे पारा हवा मे खुला रहने से खराब हो जाता है। तीसरे ऊँचाई भी बहुत बारीकी से नही नापी जा सकती। इन सब त्रुटियों को पूरा करने के लिए भारमापक ऐसा बनाते हैं जैसा चित्र मे दिखाया है।

निचला भाग लोहे का बना होता है, जिसमे एक चमड़े का थैला लगा रहता है। पारा इसी थैले मे रहता है। थैले को उठाने या नीचा करने को एक पेच लगा रहता है। पारे के ऊपर हाथी दाँत का एक सूचक लगा रहता है। जब कभी हम पारद स्तम्भ की ऊँचाई नापना चाहते हैं पहले पेच को घुमा कर पारे को सूचक के सिरे तक चढा देते हैं।

इस सिरे को ० मान कर लम्बाई नापने के लिए अक बाहरी लोहे के खोल पर बना दिये जाते हैं। भार मापक की नली इस खोल के भीतर सुरक्षित रहती है। पारा देखने के लिए ७० सेंटीमीटर की ऊँचाई पर खोल मे खिड़की बना कर कॉंच से ढक देते हैं। निचले लोहे के भाग मे भी इसी प्रकार की खिड़की बनी रहती है। इन खिड़कियों के पीछे लकड़ी के तख़्ते पर चीनी की टैल लगा देते हैं, जिसमें श्वेत पटल पर काला पारद साफ़ दिखाई पड़े। ऊपर की खिड़की पर एक वर्नियर भी एक पेच की सहायत से स्केल पर चढाता उतरता है। इस वरनियर की सहायता से पारद की ऊँचाई $\frac{१}{१०}$ स० मी० तक ठीक ठीक नापी

Cistern of Fortin's Barometer.

चित्र १७

चित्र १८

जा सकती है। तापक्रम पढने के लिए भी एक तापमापक भी बाहरी खोल पर जड़ा रहता है।

बैरोमीटर की गति और मौसम

(Barometer movements and weather)

मौसम कैसा रहेगा, इस सम्बन्ध की भविष्य-वाणी वायु के दबाव, तापक्रम, वायु की दिशा आदि को देख कर प्रायः की जाती है। जब वायु-मण्डल मे जल वाष्प की मात्रा बढ जाती है तो वायु हलकी हो जाती है। अतएव वायु का दबाव भी घट जाता है। इसी कारण बैरोमीटर की ऊँचाई कम हो जाती है। स्पष्ट है कि जब बैरोमीटर का पारद स्तम्भ नीचा होगा, तो वह वायु मे जल वाष्प का आधिक्य बतलावेगी, जिसके कारण वर्षा होना सम्भव हो जाता है।

इसी प्रकार जब किसी भू भाग की वायु गरमी अधिक होने के कारण उत्तप्त हो जाती है, तो हलकी होकर ऊपर को चढने लगती है और आस-पास के भू भागों की ठण्डी हवा उसका स्थान लेने को वेग से आती है। उस भू-भाग की हवा हल्की हो जाने से वायु का दबाव कम और पारद स्तम्भ नीचा हो जाता है।

अतएव (१) जब पारद स्तम्भ नीचे गिरने लगता है तो आँधी अथवा वर्षा के आने की सूचना मिलती है।

(२) जब पारद स्तम्भ ऊँचा चढता है तो अच्छा मौसम होने वाला होता है।

(३) जब पारद स्तम्भ स्थिर रहता है तो मौसम मे कोई अन्तर की संभावना नहीं होती।

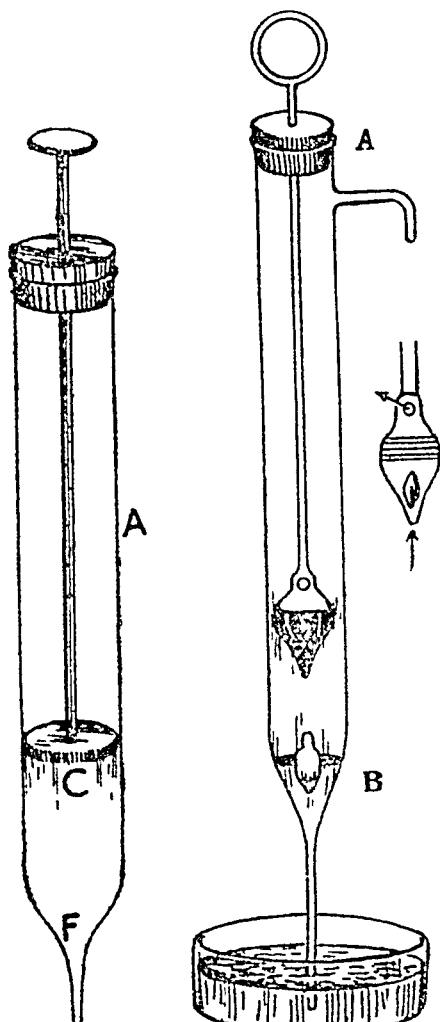
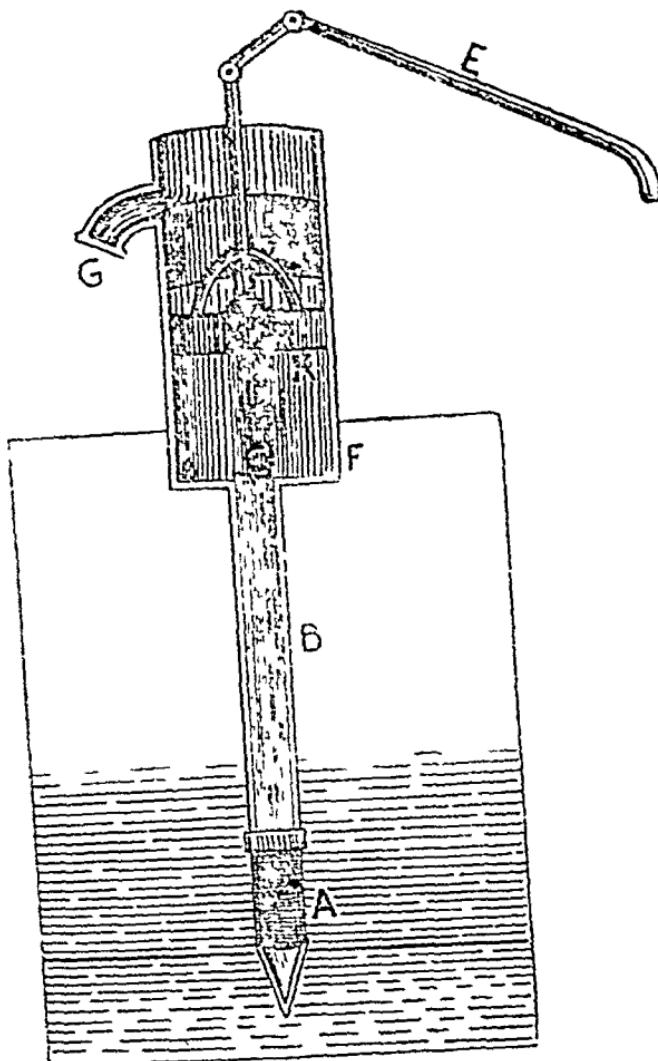
वायु-मण्डल की जो उथल-पुथल बहुत ऊँचाई पर प्रारम्भ होती है उसकी भी सूचना हमें इस यन्त्र से सहज ही मिल जाती है।

बैरोमीटर (वायुभारमापक) से किसी स्थान की ऊँचाई का अनुमान।

यदि वायुयान मे बैरोमीटर लेकर उड़ा जाय या पहाड़ पर चढ़ा जाय तो प्रत्येक ६०० फुट की ऊँचाई पर पारद स्तम्भ १ इंच नीचा उतर जायगा। अतएव साधारणतया किसी स्थान की समुद्र तल से ऊँचाई सहज ही ज्ञात हो सकती है।

साधारण पिचकारी (Syringe)

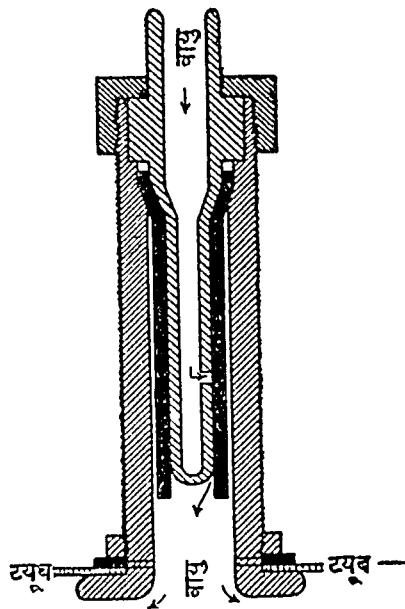
पिचकारी का निचला भाग पानी मे डुबोकर डाट को ऊपर खींचते हैं, जिस कारण डाट के नीचे अंशतः शून्य स्थान पैदा हो जाता है। इसी शून्य मे हवा के बाहरी दबाव से पानी पिचकारी मे चढ जाता है। डाट के नीचे सरकाने पर पानी छिद्र द्वारा निकल जाता है। डाट चाहे सूत की हो चाहे चमड़े के उलटे प्याले के रूप की—वह होनी ऐसी चाहिये कि पिचकारी की दीवारों से सटी हुई इधर उधर गति करे।

साधारण पम्प (Lift pump) A B एक नली है जिसमे एक पिस्टन (डट्टा) चलती है। A B के निचले भाग मे एक छोटी पैप लगी है जिसका निचला भाग उस पानी के कुन्ड आदि मे डूबा रहता है जिसमे से पानी चढ़ाना होता है। पम्प मे दो ढिवरी लगी रहती हैं एक B नली के मुँह पर, दूसरी पिस्टन के बीच के

चित्र १६ चित्र २०

चित्र २१

छिद्र के ऊपर। दोनों ढिवरियाँ ऊपर को खुलती हैं। मानलो कि पिस्टन या डाट बिलकुल नीचे के स्थान पर है। अब डाट को उठाया जाय तो डाट के नीचे शून्य स्थान होगा, अतएव हवा के दबाव के कारण (जो कुण्ड के तल पर पड़ रहा है) पानी B की ढिवरी को उठा कर ऊपर उठने लगेगा। जब डाट को दुबारा नीचे उतारेंगे तो डाट के दबाव से पानी नीचे की ढिवरी को बन्द कर देगा। परन्तु वही दबाव पानी के द्वारा ऊपर की ढिवरी खुलवा देगा। अतएव पानी डाट के ऊपर चला जायगा। जब दूसरी बार डाट ऊपर को उठाई जायगी तो ऊपर की ढिवरी बन्द हो कर पानी को उठा कर पनाले तक पहुँचा देगी और नया पानी डाट के नीचे भर आयगा। इस प्रकार पानी कुण्ड

मे से ऊपर चढ जायगा। स्पष्ट है कि पानी इस प्रकार ३२ फुट से अधिक न जा सकेगा। अतएव ऐसा पम्प पानी से ३२ फुट से अधिक ऊँचाई पर नही रखा जाता।

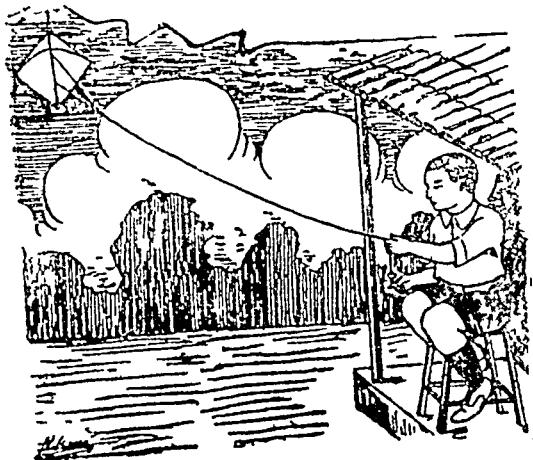
फुटबाल पम्प (Football pump) इसकी दोनों ढिबरियाँ नीचे को खुलती हैं। जब पिस्टन को ऊपर को उठाते हैं निचली ढिबरी बन्द रहती है और ऊपर की ढिबरी खुल जाती है और उसमे से हवा पम्प मे भर जाती है। जब पिस्टन को नीचे की तरफ चलाते है, अन्दर की हवा के दबाव से ऊपरी ढिबरी बन्द हो जाती हैं और निचली खुल जाती है। इस प्रकार हवा फुटबाल मे भरी जा सकती है।

चित्र २२ चित्र २३

ऊपर की ढिबरी के स्थान पर चमड़े की उल्टे प्याले के शकल की डाट भी काम मे ला सकते हैं। जब यह डाट ऊपर को जाती है तो हवा अगल बगल से अन्दर चली जाती है। जब डाट नीचे की तरफ जाती है तो अन्दर के वायु के दबाव से वह दीवारों से सट जाती है

मानों ढिबरी बन्द हो गई। सैकिल पम्प मे नीचे की ढिबरी नहीं रहती। वह सैकिल की ट्यूब में लगी रहती है। ट्यूब मे हवा एक पतली धातु की नली में से जाती है जिसका परला सिरा बन्द रहता है परन्तु जिसके पार्श्व में एक छिद्र वायु निकलने के लिए लगा रहता है। इस नली पर एक रबड़ ट्यूब चढ़ी रहती है। वायु बाहर से जब छिद्र मे होकर आती है तो ट्यूब को उठा कर निकल जाती है, परन्तु अन्दर की वायु के दबाव के कारण वह छिद्र पर सट कर बैठ जाती है।

छठवाँ अध्याय

शक्तियों का योगफल

दो और दो चार होते हैं। परन्तु दो ग्राम भार और दो ग्राम भार की शक्तियेा का येाग फल सदा ४ ग्राम भार नहीं होता। यदि शक्तियाँ एक ही रेखा में काम करती हैं और एक ही दिशा में तो उनका योगफल

चित्र २४

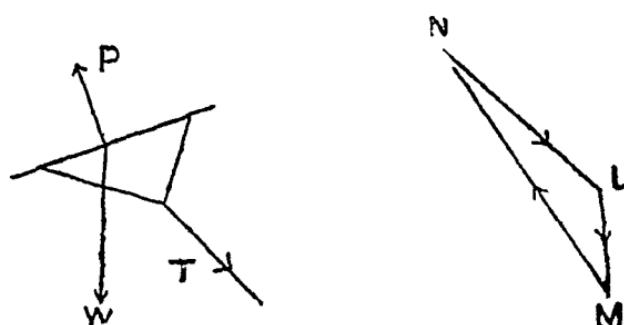
४ ग्राम भार होगा। यदि उनकी दिशाएँ विपरीत होंगी तेा उनका येागफल शून्य होगा। इसलिये शक्तियेा का येागफल आगे दिये नियम से निकालते हैं। प्रत्येक शक्ति मे तीन बाते पाई जाती हैं—

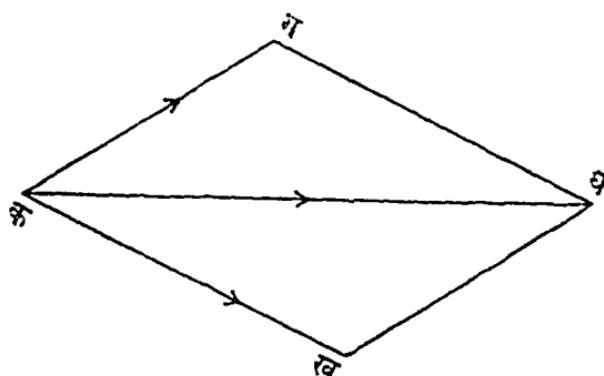
(१) वह किसी विशेष विन्दु (स्थान) पर लगी होती है।

(२) उसका निश्चित मान होता है।

(३) उसकी दिशा निश्चित होती है।

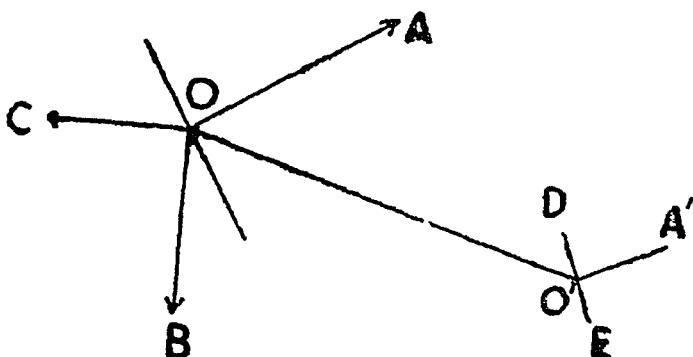
यह तीनों बाते सरल रेखा मे भी पाई जाती हैं। अतएव किसी भी शक्ति को हम पूर्णतया एक रेखा से प्रदर्शित कर सकते हैं।

यदि किसी विन्दु पर काम करने वाली दो शक्तियेा को दो सरल रेखाओं से मान तथा दिशा मे प्रकट करे और उन दो रेखाओं से एक समानान्तर चतुर्भुज बना ले तो इस चतुर्भुज का जो कर्ण कि उक्त विन्दु से खींचा जा सकता है, वह दिशा और मान मे उक्त शक्तियेा का सम्मिलित प्रभाव अथवा येागफल बतलायेगा। (देखो चित्र २७)

चित्र २५—पतग (Kite) चित्र २६—Triangle of Forces

यह समानान्तर चतुर्भुज का नियम व्यापक रूप से उन सब मानेा के जोडने मे काम आता है जिनमे दिशा भी होती है जैसे, वेग और गत्यन्तर।

चित्र २७—क पर दो शक्तियाँ कख और कग लगी हैं इनका योगफल कघ के समान शक्ति होगी (Parallellogram of Forces)

यदि तीन शक्तियाँ एक विन्दु पर लगी हों और उनमे से दो का

सम्मिलित प्रभाव तीसरी शक्ति के बराबर, पर विपरीत दिशा में हो तो तीनों शक्तियाँ मे साम्य होगा। इसका यह अर्थ हुआ कि तीसरी शक्ति कर्ण के बराबर पर उल्टी दिशा मे होगी। अतएव तीनों शक्तियॉ एक त्रिभुज की भुजों से चक्रीय क्रम से प्रदर्शित की जा सकती हैं। (देखो चित्र २६)

चित्र २८

पतंग (Kite) मे भी तीन शक्तियाँ काम करती हैं। एक शक्ति वायु का दबाव या दबाव का वह अश है जो पतग के लम्ब रूप काम करता है। दूसरी शक्ति उसका भार है जो ठीक लम्बतः नीचे की ओर काम करता है, तीसरी शक्ति रस्सी का तनाव है। (देखो चित्र २५)

इन तीन शक्तियों का साम्य होगा तो पतङ्ग स्थिर रहेगी। यदि वायु का दबाव अधिक होगा तो पतग ऊपर की ओर चढेगी। यदि यह दबाव कम हो जायगा तो पतङ्ग नीचे की ओर गिरेगी।

पतंग उड़ाना जब आरम्भ करते हैं तो या तो दौड़ कर पतग में हवा भर कर हवा का दबाव उस पर बढा देते हैं या पतग किसी से छुड़वा कर, खींच कर ठुमकी देकर, दबाव बढाते हैं। एक बार बढ़ जाने पर तो वह ऊपर उस मण्डल मे पहुँच जाती है जहाँ सदैव हवा थोड़ी बहुत चलती ही रहती है।

वायुयान—मे भी ३ शक्तियाँ काम करती हैं। O A मुख्य पक्ष (Main wing) पर वायु का दबाव है, O B यान का भार है और

O C प्रपेलक (Propeller) का धक्का है। साधारणतः इन तीनों शक्तियों में साम्य रहता है। यह भी चक्रीय क्रम से शक्ति त्रिभुज (Triangle of forces) के तीन भुजो से प्रदर्शित की जा सकती है परन्तु दबाव के केन्द्र का स्थान वायुयान की गति पर निर्भर रहता है। अतएव यदि दबाव और भार एक स्थान पर न पड़े तो यान सीधा खड़ा होकर गिरने लगेगा। इस घटना के रोकने के लिए पुच्छ तल (Tail plane) D E का उपयोग होता है, जिस पर वायु का दबाव O A′ दिशा मे पड़ता है और पक्ष का झुकाव नियत स्थान पर रखता है। जब O A का ऊर्ध्व उपादान O B के बराबर होगा, वायुयान उठना आरम्भ कर देगा।

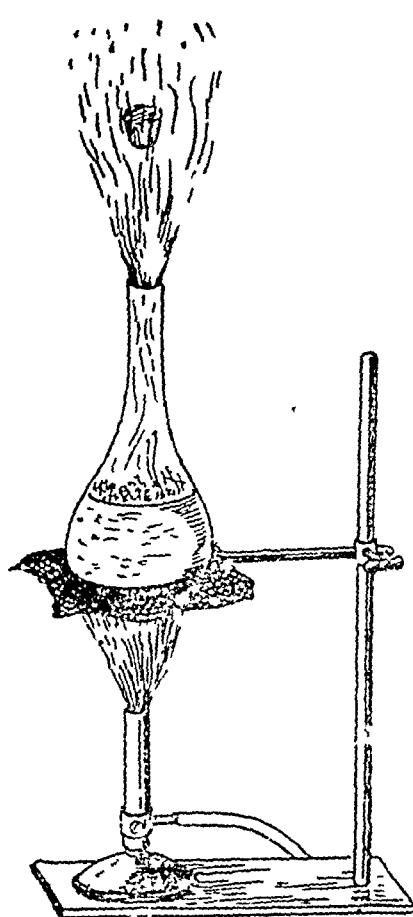
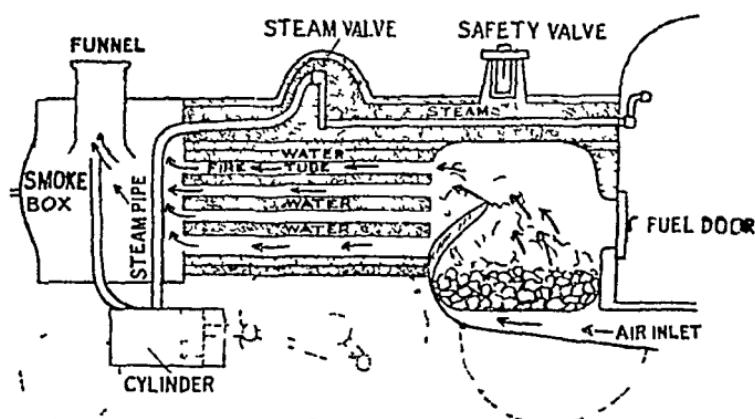
———

सातवाँ अध्याय

भाप का दबाव तथा शक्ति

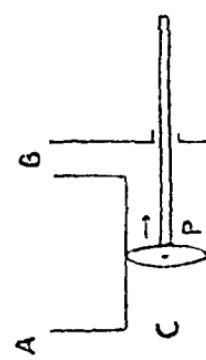
रसोई मे किसी दिन जाकर यह देखा जा सकता है कि जिन बर्तनों में दाल चावल या भाजी बन रही है, उनके ढक्कन भाप की शक्ति से स्थिर नहीं रहते। बराबर नीचे ऊचे गति करते रहते हैं। एक घन श० मी० जल जब भाप मे परिणत हो जाता है तो उसका आयतन लगभग १७०० श० मी० हो जाता है। आयतन बढ़ने पर वह अधिक स्थान घेरने का प्रयत्न करने लगती है, क्योंकि पतीली के भीतर सीमित स्थान रहता है अतएव भाप ढक्कन पर दबाव डालकर उसे तनिक सा उठाकर बाहर निकल जाती है।

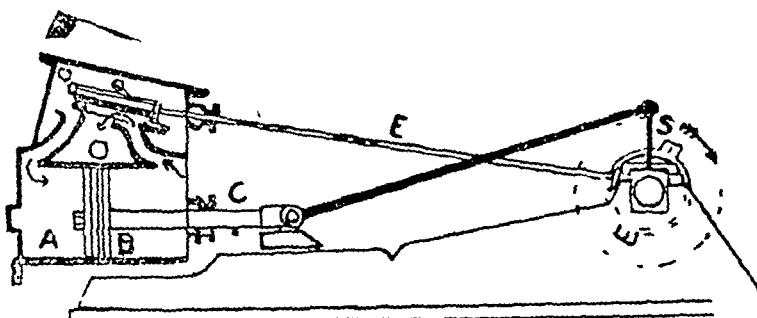
चित्र २९

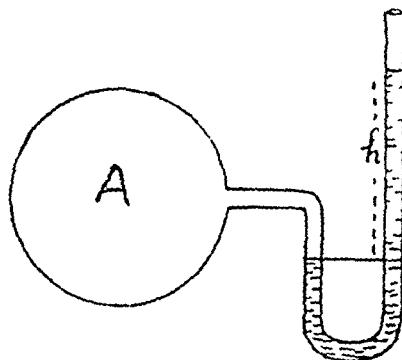
प्रयोग—एक फ्लास्क मे लगभग आधा पानी भरकर उसका मुँह काग से बन्द कर दो; पर काग हलके से लगाना चाहिये, कसकर नही। अब यदि पानी गरम किया जाय तो भाप की शक्ति से काग फ्लास्क के मुँह मे से निकल कर दूर जा गिरेगा। यदि काग कसकर लगा दिया जाय तो फ्लास्क के फट जाने का डर रहता है।

कभी कभी बड़े बैलट (Boilers) भी स्टीम (भाप) के दबाव के अत्यधिक बढ जाने से फट जाते हैं, इसलिए उनमे " रक्षक ढिवरी " (Safety valve) लगे रहते हैं, जो दबाव के निश्चित परिमाण से बढ जाने पर टूट कर भाप के निकल जाने का नया मार्ग बना देते हैं और इस प्रकार दबाव घट जाता है।

चित्र ३०

रेल के इजिन भी वाष्प बल से चलते हैं। यहाँ एक इजिन का चित्र दिया जाता है।

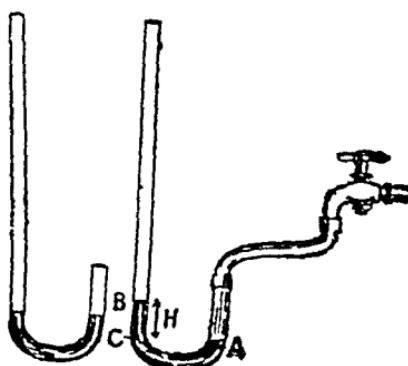
इस चित्र को ध्यान से देखकर—कोयले झोंकने का द्वार भट्टी की स्थिति, हवा जाने का मार्ग, पानी के गरम करने की विधि, भाप जाने की नली और वेलनाकार, वाष्प का कार्य क्षेत्र—इन चीजों का स्थान समझ लीजिये।

सिलिन्डर के अन्दर पहुँचने के वाष्प को दो मार्ग मिलते हैं, जिनमें " पिस्टन " (Piston) की गति के कारण केवल एक प्रवेश करने और दूसरा निकलने के काम आता है। यदि एक

चित्र ३१

बार वाष्प बाईं ओर से प्रवेश करके पिस्टन को दाहिनी ओर को ढकेलती

चित्र ३२

है तो पिस्टन के पीछे की वाष्प दूसरे मार्ग से बाहर निकलने वाले छिद्र O तक पहुँचती है। परन्तु जब पिस्टन सिलिन्डर के दाहिने छोर तक पहुँचती

चित्र ३३

है तो बायाँ मार्ग बन्द होकर O से सम्बद्ध हो जाता है और वाष्प दाहिनी ओर से आकर पिस्टन को बाईं तरफ धक्का देती है। इस प्रकार पिस्टन दाएँ बाएँ घूमती रहती है।

यदि एक नली अँग्रेजी अक्षर J के आकार की ली जाय और उसमें पारद छोड़ दिया जाय तो पारे का तल दोनों भुजों मे बराबर मिलेगा।

चित्र ३४

यदि छोटे भुज पर किसी प्रकार दबाव बढा दिया जाय, जैसा कि उसको किसी खौलते पानी वाली फ्लास्क से सम्बद्ध करने से होगा तो पारा उस भुज मे दबाव के कारण उतर जायगा और दूसरे भुज मे चढ जायगा। दोनों भुजों के पारद तलका अन्तर देखकर दोनों ओर के दबावों का अन्तर ज्ञात हो सकता है।

चित्र ३४ मे इस नली का एक बम्बे से सम्बन्ध दिखाया है। चित्र ३३ यह बतलाया गया है कि A मे भरे गैस का दबाव कैसे नापा जाता है। इस यत्र को (Manomet 1) दबाव मापक कहते हैं।

आठवाँ अध्याय

ताप उसकी उत्पत्ति तथा पदार्थों पर प्रभाव

गरमी और सरदी—इन दो बातों से मनुष्य मात्र परिचित हैं। गरमी के अभाव को ही सरदी कहते हैं अथवा यो कहिये कि सरदी भगाने को गरमी की तलाश होती है।

गरमी कहाँ से प्राप्त होती है (Sources of Heat)?

(१) सूर्य—रात मे सरदी से कष्ट उठाने के पीछे सूर्योदय कैसा प्रिय लगता है। गरमी के मौसम में दो पहर के समय कितनी तपन होती है। यह बाते सिद्ध करती हैं कि सूर्य ताप प्रदान करता है।

(२) चूल्हों मे लकड़ी आदि जला कर हम खाना बनाते हैं और अंगीठियों मे कोयला जला कर अनेक काम करते हैं—जैसे खाना बनाना, सरदी में तापना आदि। अतएव पदार्थों को जला कर हम गरमी पैदा कर लेते हैं। परन्तु सूर्य भगवान की कृपा के बिना वनस्पति का पनपना असम्भव है। वनस्पति के बिना लकड़ी, कोयला आदि का मिलना सम्भव नहीं। पत्थर का कोयला भी प्राचीन काल के गहन बनों के भूगर्भ मे दब जाने से अनन्त काल मे बन पाया है। अतएव सूर्य का ही ताप काले जवाहिरात के रूप में प्रकृति ने हमे प्रदान किया है जो अपने गोरे भाई बंधु (हीरों) से अधिक उपयोगी और दरिद्र नारायण का सेवक है। लकड़ी का जलना एक रासायनिक क्रिया है। अतएव हम कह सकते हैं कि रासायनिक क्रियाओं से हमे ताप प्राप्त होता है। कलई को पानी मे बुझाने पर या गाढ़े गंधक के अम्ल को पानी मे डालने पर बहुत ताप उत्पन्न होता है।

(३) जब सरदी लगती है तो हाथ मल कर गरम कर लिये जाते हैं। जहाँ कही रगड़ होती है गरमी पैदा हो जाती है। इसीलिए गाड़ियो के पहिये

औंघे जाते हैं, रेलगाडियों के पहियों मे तेल दिया जाता है। इस प्रकार जहॉ कही गति अविरुद्ध होती है तहॉ गरमी पैदा होती है। विद्युत् धारा भी जब पतले तारों मे से बहती है उसके मार्ग मे बाधा उपस्थित होती है, तो गरमी पैदा हो जाती है (जैसे विद्युत् वाहक तारों मे अथवा बिजली के बल्वों मे)। इन सब बातों का समावेश एक वाक्य मे होता है—जहॉ कहीं काम होता है अर्थात् कोई शक्ति काम करती है, गरमी पैदा होती है।

गरमी से काम लिया जा सकता है जैसे इजन आदि में और काम करने मे रगड़ से (विरोध से) गरमी पैदा होती है।

प्राचीन काल मे यज्ञों मे अग्नि उत्पादन के लिए अरणी काम आती थीं। लकडी के एक चौकोर टुकडे मे सूच्याकार छेद करके उसमे एक तदाकार लकडी का टुकड़ा वेग से घुमाया जाता था। इस मन्थन से अग्नि पैदा होती थी। यूनानी पुराणों मे इसी की कथा प्रमीथियस के पाताल लोक से अग्नि लाने के बहाने बतलाई गई है।

गर्मी—भौतिक, तथा रासायनिक साधनों से उत्पन्न की जा सकती है।

गर्मी का पदार्थो पर प्रभाव

(१) चूल्हे पर पतीली में पानी रखा जाता है। क्रमशः वह कुनकुना, गरम और अधिक गरम होता है, अन्त मे खौलने लगता है। यदि पतीली में बरफ भरकर रखी जाय तो पहले पानी मे बदल जायगी तदनन्तर पानी क्रमशः ठण्डा, कम ठण्डा, साधारण, कुनकुना, गरम, अधिक गरम होगा और अन्त मे खौलने लगेगा और भाप बन कर कुछ देर मे पतीली खाली छोड़ जायगा (सम्भव है कि कुछ थोड़ी सी तलछट रह जाय)।

यहॉ चूल्हे से जो गरमी निरन्तर आ रही थी उसने ठोस (बरफ) को द्रव (पानी) मे परिणत कर दिया और अन्त मे द्रव को गैस (वाष्प) में बदल दिया। अतएव अधिक गरम वस्तु से गरमी, ठण्डी (या कम गरम) वस्तु मे प्रवेश करती है। ठण्डी वस्तु क्रमशः अधिकाधिक गरम होती चली जाती है अर्थात् उसका ताप मान या तापक्रम बढ़ता चला जाता है। यदि

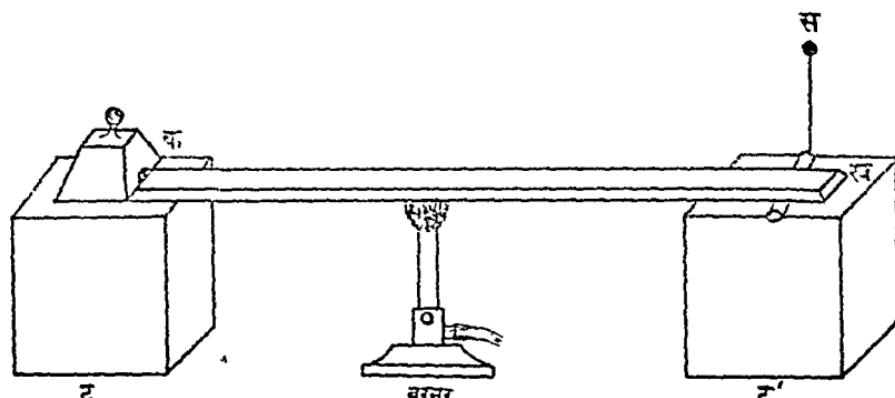
गरमी निरन्तर दी जाय तो क्रमशः अवस्था का परिवर्तन भी हो जाता है। अतएव गरमी के प्रभाव से किसी वस्तु का (१) तापक्रम बढ़ जाता है। और (२) उसकी अवस्था का परिवर्तन हो सकता है।

तापक्रम

जब दो वस्तु या पदार्थ सलग्न हों और एक वस्तु से गरमी दूसरे मे प्रवेश करे तो हम कहते हैं कि पहली वस्तु का तापक्रम ऊँचा और दूसरी का नीचा है। गरमी सदा ऊँचे तापक्रम से नीचे तापक्रम की ओर जाती है। अतएव तापक्रम किसी वस्तु की वह दशा है जिस पर उसमे से गरमी का निकल कर दूसरे मे जाना या दूसरे से गरमी का उसमे आना निर्भर है। वस्तुतः तापक्रम गरम होने का एक मान है जो किसी निर्धारित पैमाने के अनुसार नापा जा सकता है।

नवाँ अध्याय

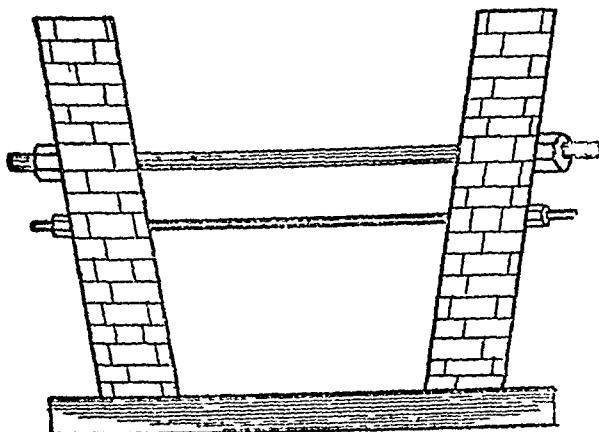
ठोसो पर गरमी का प्रभाव

जब इक्के के पहिये पर हाल चढाना होता है तो उसे कण्डों की आँच मे खूब गरम करते हैं। जब वह सुर्ख हो जाती है तो पहिये पर बिठाकर पानी छिडक देते हैं। पानी डालने से वह सिकुड़ जाती है और पहिये को कस कर बाँध देती है। गरमी के मौसिम मे प्रायः जब अधिक गरमी पड़ती है तो हाल फैलकर ढीली हो जाती है और निकल तक जाती है। इसीलिए इक्के वाले हाल पर पानी छिडकते रहते हैं।

चित्र ३५

प्रयोग—'टट' लकडी के दो टुकडों पर 'कख' छड़ रख दो। उसके एक सिरे पर एक भारी वस्तु रखो और दूसरे सिरे के नीचे एक पेंसिल में लम्बी सूई लगा कर खड़ी कर दो। नीचे से छड़ को गरम करो छड़ ख की ओर फैलेगी, पेंसिल लुढकैगी और उसके साथ साथ सूई भी तिरछी हो जायगी।

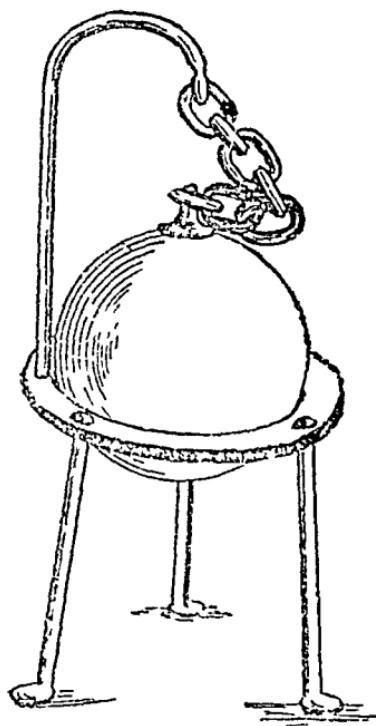
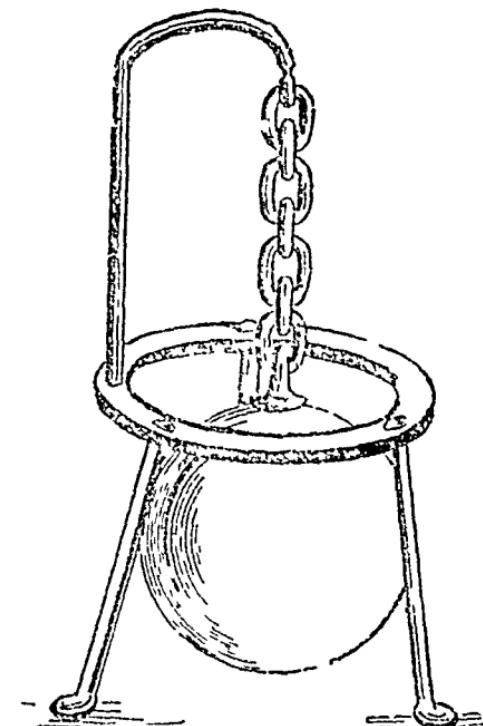
इस प्रयोग से सिद्ध होगा कि छड़ की लम्बाई बढ रही है।

प्रयोग—साथ के चित्र मे जो गेद जजीर से लटक रही है वह छल्ले में से निकल सकती है। अब इस गेद को बरनर से गरम करो, तदनन्तर जजीर पकड़ कर गेद को उठाओ। वह छल्ले मे से न निकल पायगी। ठडा होने पर फिर सुगमता से छल्ले मे से निकल सकेगी। यहाँ स्पष्ट है कि गरम करने से गेद का आयतन (Volume) बढ़ जाता है।

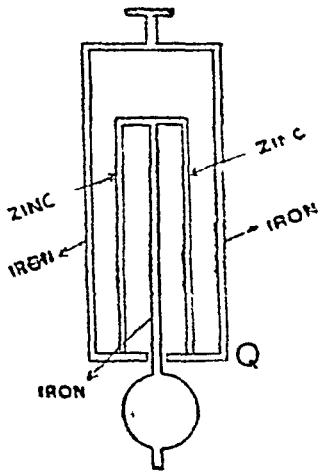
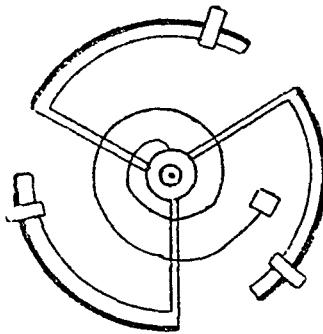
रेल की पटरियाँ एक दूसरे से सटाकर नहीं जड़ी जातीं। एक तरफ़ उनके बढने के लिए स्थान छोड़ दिया जाता है।

चित्र ३६

कभी कभी मकानों की दीवारे कुछ टेढ़ी हो जाती हैं। उनको सीधा करने के लिए छड़े लगा दी जाती हैं। उनको खूब गरम करके बाहर की ओर ढिबरी कस दी जाती हैं। ठडे होने पर छड़ सिकुड़ती हैं और दीवारों को सीधा कर देती हैं।

जिन घटों मे पेण्डुलम रहता है, उनकी गति भी जाड़े और गरमी में बदलती रहती है क्योंकि दोलक के एक दोलन का समय उसकी लम्बाई पर अवलम्बित है। जाड़े में लम्बाई कम और गरमी में अधिक हो जाती है, इसलिए जो घडी जाड़े में ठीक समय बताती है वह गर्मी में

सुस्त (Slow) हेा जाती है। इसलिए दोलक का डण्ड केवल एक छड़ का नही बनाया जाता।

चित्र ३७　　　　　　　　　　चित्र ३८

जेब घड़ी का समय भी उसके (Balance wheel) बैलेंस ह्वील के व्यास पर निर्भर रहता है। इसीलिए इस पहिये की परिधि के चार टुकडे कर दिये जाते हैं, जो अलग अलग रहते हैं, जिनके सिरों पर छोटे छोटे भार आरूढ रहते हैं और जिनमे से प्रत्येक मे अधिक फैलने वाला तार बाहर की ओर और कम फैलने वाला भीतर की तरफ रहता है, इस प्रकार दे धातुओं के तारों के जोड़कर बनाये जाते हैं ते परिधि के टुकडे तापक्रम बढने पर भीतर की तरफ मुड जाते हैं और भार-पिण्डों को केन्द्र के पास पहुँचा देते हैं।

किसी पदार्थ की छड़ की लम्बाई की प्रत्येक श० मीटर मे जो वृद्धि १ श० गरम करने से होती है उसको उस पदार्थ का लम्ब प्रसार गुणक (Coefficient of linear expansion) कहते हैं।

चित्र ३९ चित्र ४०

ऊपर बतला चुके हैं कि पेण्डुलम का डण्डा कई छड़ों से बनाते हैं, परन्तु आज कल एक ऐसा पदार्थ मालूम हो चुका है जिसका ल० प्र० गुणक इतना कम है कि तापक्रम के साधारण परिवर्तन का उस पर प्रभाव ही नही पड़ता यह पदार्थ (Invar) इनवार है। यह इस्पात का एक विकार है जिसमे ३६% निकिल धातु रहती है।

जब कभी किसी तार को कॉच के बर्तन मे लगाना होता है तो प्लाटिनम का ही तार प्रयुक्त होता है, क्योकि प्लाटिनम और कॉच का ल० प्र० गु० एक समान है। यदि ऐसा तार लिया जाय जिसका ल० प्र० गु० कम या अधिक हो तो कॉच के तापक्रम घटने बढने पर तार और कॉच के बीच मे " साँस " पैदा हो जायगी। बिजली के वल्बों के निर्माण मे भी प्लाटिनम के तार काम मे लाये जाते थे, परन्तु आज कल एक धातु-मिश्रण (Alloy) का प्रयोग होता है जो इस्पात मे ४५% निकिल धातु मिलाकर बनायी जाती है। इसको प्लाटिनैट (Platenite) कहते हैं।

कॉच और क्वार्ट्ज़

कॉंच की बनी चिमनी यदि गरम हो और उस पर पानी छिड़क दे तो वह चटख जाती है। क्योंकि पानी पड़ने से कॉंच ऊपर से ठडा होकर सिकुड़ता है परन्तु भीतर का भाग फैला ही हुआ रहता है इस प्रकार कॉंच मे तनाव पैदा होकर कॉंच चटख जाता है। परन्तु यदि कोई चिमनी या परखनली क्वार्ट्ज़ की बनी हो तो उसको रक्त-उत्तप्त अवस्था में भी पानी मे निर्भय होकर डुबो सकते हैं। क्यो? क्वार्ट्ज़ का ल० प्र० गु० इतना कम है कि उसमे नाममात्र को भी सिकुड़न नही होती।

सब से अधिक फैलने वाला ठोस पदार्थ

बरफ का ल० प्र० गुणक सब से अधिक है। बरफ का यह भौतिक गुण चट्टानों के छिन्न भिन्न करने और भूमि की उर्वरा शक्ति बढ़ाने मे बड़ा महत्व रखती है।

सब से कम फैलनेवाले ठोस पदार्थ

हम बतला चुके हैं कि इनवार बहुत कम फैलता है। क्वार्ट्ज़ इससे भी कम फैलता है।

समान फैलने वाले पदार्थ

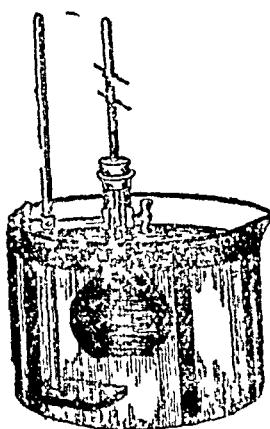
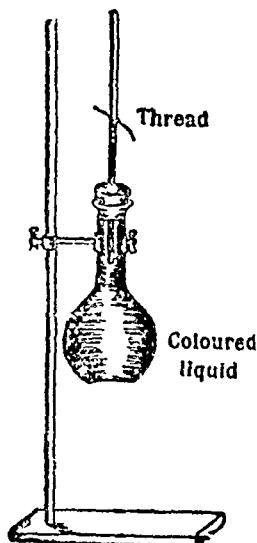
काच, प्लाटिनम और प्लाटिनैट सब एक समान फैलते हैं।

कुछ पदार्थों के लम्ब प्रसार गुणक

बरफ	·००००५३	प्लाटिनम	०००,००८४
इनवार	०००,०००,८७	काच	०००,००८४
क्वार्ट्ज़	०००,०००,५६	इस्पात	०००,०१०८
		पीतल	०००,०१८

दसवाँ अध्याय

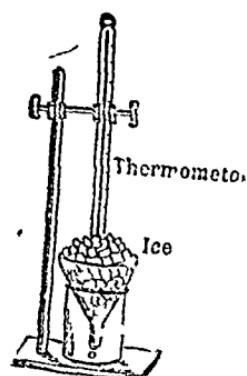
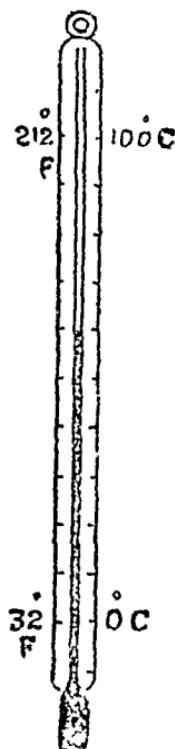
द्रवों का प्रसार और तापमापक

एक कुप्पी लेकर उसमे पानी भर दो और एक काग लगा दो जिसके बीचोबीच एक काँच की नली लगी हो। पानी कुछ नली मे भी चढ़ जायगा। अब नली पर एक धागा बाँध दो जो पानी की ऊँचाई बतावे। कुप्पी का किसी गरम पानी से भरे बर्तन मे डुबो दो। देखोगे कि पहले पानी ट्यूब मे थोड़ा सा धागे के नीचे उतर आता है तदनन्तर धागे के बहुत आगे बढ़ जाता है। क्यो ?

चित्र ४१ चित्र ४२

पहले कुप्पी का काँच गरम होकर फैलता है, इसलिये उसका आयतन बढ जाता है और पानी नीचे को खिसक जाता है। तदनन्तर पानी मे गरमी पहुँचती है और वह कुप्पी के काँच की अपेक्षा अधिक फैलता है

और नली मे अग्रसर हो जाता है। स्पष्ट है कि ठोसों की अपेक्षा द्रव अधिक बढते हैं।

जो यत्र हम उपर्युक्त प्रयोग मे काम मे लाये हैं वह एक प्रकार का ताप-द्योतक है। परन्तु द्रवों की बड़ी मात्राओं मे ही डुबोया जा सकता है। इसके स्थान पर यदि एक काँच की नली को गरम करके उसके एक सिरे पर बल्ब फूँककर बना ले। और बल्ब को और ट्यूब के कुछ अश को रगीन पानी से भर दे तो यह यत्र अधिक उपयोगी होगा।

ताप मापक

एक काँच की नली लो जिसकी दीवारें खूब मोटी हो परन्तु बीच का छेद बहुत बारीक परन्तु आद्यो पान्त समान व्यास का हो। इसके एक सिरे को गरम करके और हवा फूँककर उसकी एक लम्बी या गोल घुडी बना लो। उसके दूसरे छोर पर एक छोटी सी कीप रबड नली से लगा दो। कीप मे पारा छोड दो और घुडी को गरम पानी मे डुबो कर कुछ देर बाद निकाल लो। गरमी पाकर उसमे की हवा फैलेगी और पारे मे से बुदबुदा कर निकलने लगेगी, परन्तु जब घुडी ठडी पडेगी तो उसके भीतर की वायु सकुचित होगी, उसका आयतन कम होगा, अतः वायु के दबाव से पारा अन्दर घुसने लगेगा। इस प्रकार कई बार करने से घुडी और आधी नली पारे से भर सकते हैं। अब नमक के औटते हुए घोल मे घुडी को और नलिका

चित्र ४३ चित्र ४४

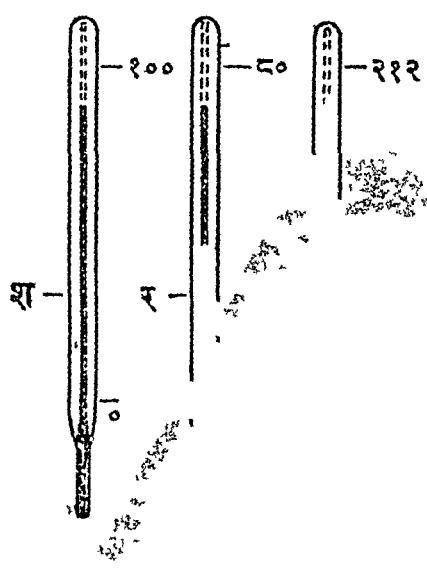
के कुछ भाग को डुबो दो। पारा फैलकर, समस्त नलिका को भर लेगा। अब किसी तेज़ ज्वाला से नलिका के उस भाग को जो कीप के नीचे है गरम करके बन्द कर दो। नलिका का ऊपरी भाग, कीप सहित कट कर अलग हो जायगा। तब नलिका को ठंडा होने दो।

जब ठंडा हो जाय तो घुंडी को बरफ़ में दबाकर कुछ देर तक रहने दो। देखोगे कि पारा घुडी के कुछ ऊपर आकर ठहर जायगा। यह पारे का स्थान बरफ के पिघलने का तापक्रम बतावेगा। अब इस यंत्र को खौलते पानी की भाप में लटकाकर जहाँ तक पारा चढ़े निशान लगा दो। यह स्थान पानी के उबलने का द्योतक होगा। प्रायः उबाल विन्दु का चिन्ह पहले लगाते हैं और तब द्रवण विन्दु का।

अब भविष्य मे जिस स्थान पर पारा होगा, उससे यह मालूम हो जायगा कि यन्त्र का तापक्रम जल के द्रवणविन्दु से या क्वथनाक से नीचे या ऊपर है। केवल दो तापक्रम की अपेक्षतः किसी वस्तु के तापक्रम का ज्ञान हमको हो सकता है।

तापक्रम के तीन पैमाने

शतांश तापक्रम—जो दो निशान तापमापक पर हमने लगाये हैं उनमें से पहले को ०° और दूसरे को १००° मानकर निशान बना लिये जायँ तो यह पैमाना शताश पैमाना कहलायेगा।

फेहरेनहैट पैमाना—इसमे बरफ के पिघलने के तापक्रम को ३२° और ऊपर के क्वथनाक को २१२° माना जाता है, अर्थात् बीच का स्थान १८० बराबर भागों मे बाँट दिया जाता है। यह पैमाना डाक्टर लोग काम में लाते हैं। वायुमण्डल का तापक्रम

भी सरकारी विज्ञप्तियों में इसी पैमाने पर रहता है। अंको के आगे (F) बना दिया जाता है जैसे इस मनुष्य का तापक्रम ९८.५° फा० है। ज्वर आने पर यह तापक्रम बढ जाता है।

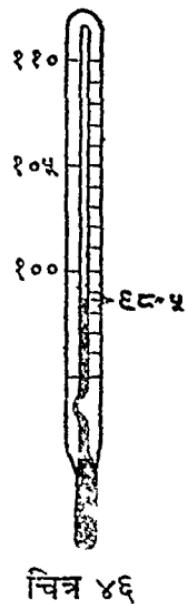
रयूमर पैमाना—इसमे बरफ का द्रवणविन्दु ०° है और क्वथनाक ८०° माना जाता है। यह बहुत कम काम मे आता है।

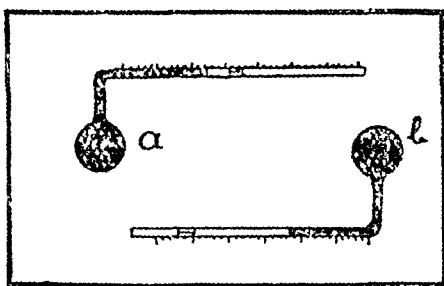
डाक्टरी तापमापक

(Clinical Thermometer)

यह तापमापक फारनहैट पैमाने का होता है। परन्तु नलिका पर जो डिग्रियाँ बनाते हैं वह ९०° से लेकर ११०° तक ही रहती है, क्योंकि प्रायः डाक्टरों को ९५° से लेकर ११०° फा तक के बीच मे ही तापक्रम देखने होते हैं। इसमे एक और विशेषता रहती है। घुण्डी के ऊपर नलिका मे एक अत्यन्त बारीक मोड़ बना दिया जाता है। इस कारण तापक्रम बढने पर पारा सकड़े भाग मे से प्रसार के बल से निकल जाता है। परन्तु तापक्रम घटने पर पारे का डोरा इस स्थान पर टूट जाता है। ऊपर के भाग का पारा ऊपर ही रह जाता है और घुण्डी का पारा सकड़े स्थान के बीच सिकुडता है। इस प्रकार रोगी के मुँह में से तापमापक निकाल लेने के बाद भी उसी स्थान पर रहता है जहाँ पहले था और चिकित्सक तापमान सावधानी से देख लेता है। ध्यान रहे कि सिकुडे स्थान के ऊपर पारे की मात्रा अत्यन्त कम होती है, अतएव उसमें सिकुड़न भी कम होती है। और वह पूर्ववत ही बना रहता है।

चित्र ४६

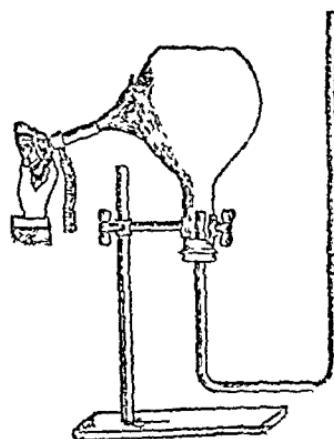
जब दुबारा इस तापमापक को काम मे लाना होता है तो झटका देकर ऊपर के पारे को घुण्डी में ले आते हैं।

उच्चतम और न्यूनतम तापमापक
(Maximum and Minimum Thermometers)

डाक्टरी थर्मामीटर भी एक उच्चतम तापमापक है। वह उस उच्चतम तापक्रम को बतलाता है, जो रोगी के मुख मे पहुँच चुका था। प्रयोगशाला मे एक दिये हुए समय में कितना उचतम या न्यूनतम तापक्रम हो चुका है—यह जानने के लिए चित्र मे दिखाये हुए तापमापक काम में लाते हैं।

चित्र ४७

इस यन्त्र मे दो तापमापक होते हैं, एक मे रगी हुई मदिरा भरी रहती है और दूसरे मे पारा। मदिरा वाले तापमापक मे एक द्योतक (Index) मदिरा के भीतर मदिरास्थंभ के छोर से सटा हुआ रख देते हैं। जब तापक्रम गिरता है, मदिरा का संकोच होता है और मदिरा द्योतक को घसीट कर घुण्डी की तरफ ले जाती है। जब तापक्रम बढ़ने लगता है तो मदिरा का प्रसार होने लगता है, द्योतक न्यूनतम तापक्रम के स्थान पर ही रह जाता है। दूसरे तापमापक मे द्योतक पारद के बाहर पारद स्तम्भ से सटा कर रखते हैं। तापक्रम बढने पर पारद का प्रसार होता है और द्योतक उच्चतम तापक्रम के स्थान पर पहुँचता है। जब तापक्रम कम होता है द्योतक वही छूट जाता है।

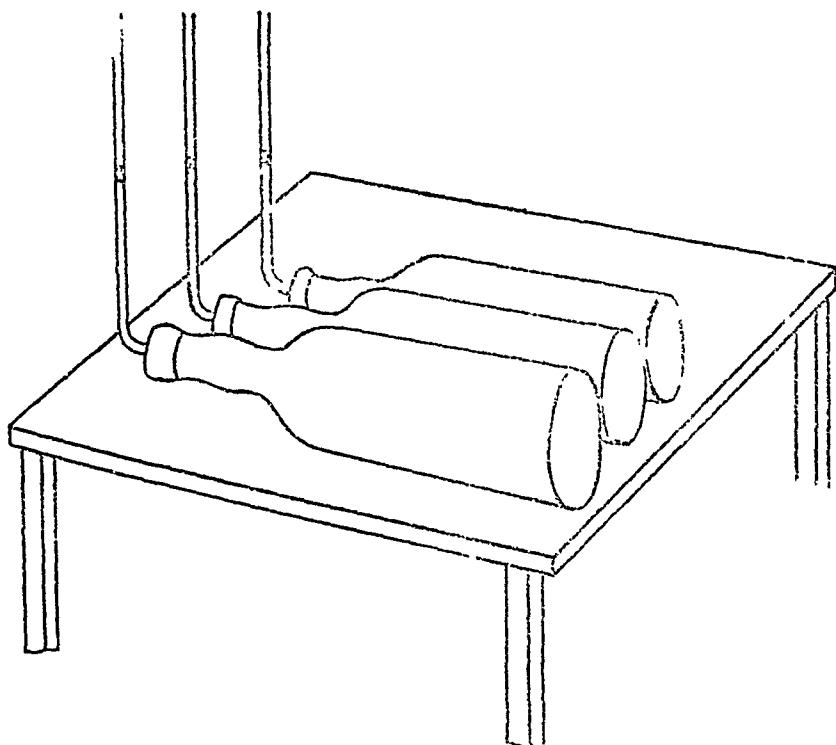
गैसो का प्रसार

एक गोल पेंद की कुप्पी लेकर, उसके मुँह मे काग लगा दो। काग

के बीचो-बीच एक छेद करके उसमे एक काँच की नली लगा दो। कुप्पी को ऊपर रख कर, औधा दो और नली का मुँह पानी मे डुबो दो। अब कुप्पी को दोनों हाथों से घेर कर गरम करो। हवा का कुछ अश पानी मे बुदबुदा कर निकल जायगा। अब सावधानी से कुप्पी को किसी बर्नर से गरम करो। हवा का कुछ अश और निकल आयगा। जब कुप्पी ठडी होगी तो उसमे पानी चढ जायगा।

चित्र ४८

कई साधारण बोतल लो। उनमे काग लगा दो प्रत्येक काग मे छेद करके एक काँच की नली लगा दो जो एक सिरे से सात आठ अगुल पर लम्ब रूप मे कुन्हिया की नाई मुडी हो। प्रत्येक ट्यूब मे एक बूँद रगीन शराब की डाल दो। तदनन्तर इन बोतलों मे भिन्न भिन्न गैसे भर कर काग लगा कर इस प्रकार किसी पानी भरे बर्तन मे रख दो कि ट्यूब खड़ी रहे। अब पानी को गरम करो। देखोगे कि शराब की बूँद प्रत्येक ट्यूब मे बराबर हटती है। स्पष्ट है कि प्रत्येक गैस उतनी ही बढती है। चार्ल्स ने हिसाब लगाया था कि एक अश (शताश) गरम करने मे प्रत्येक गैस अपने ०° श पर के आयतन के $\frac{१}{२७३}$ वे भाग के तुल्य बढती है।

जमाने वाले मिश्रण
(Freezing Mixtures)

किसी कुल्फी मलाई वाले के मटके को देखो तो मालूम होगा कि उसमे बरफ के टुकड़े और नमक मौजूद हैं। बरफ मे नमक क्यो मिलाया

चित्र ४९

जाता है। बरफ का तापक्रम ०°श होता है। इसमे जब नमक २५% (चौथाई) मिला देते हैं तो −२०°श तक का तापक्रम प्राप्त हो सकता है। नमक के स्थान पर कलमी शोरा या कलमी खटिक हरिद (Nitre or Calcium Chloride) लिया जाय तो और अधिक नीचा तापक्रम प्राप्त हो सकता है।* इस तापक्रम पर कर्बन द्विओषिद गैस द्रवी भूत हो

* तीन भाग कलमी हरिद और दो भाग बरफ मिलाने से −४९° श का तापक्रम पहुँच जाता है।

सकती है। इस द्रवित गैस को किसी टोंटीदार बर्तन में भर कर टोंटी से द्रव को धीरे धीरे गिरावे तो द्रव ठोस में बदल जायगा। इसका तापत्र—८० श होता है इसको कर्बन द्विओषिद् बरफ (Carbon dioxide Snow) कहते हैं। इस बरफ मे ईथर मिलाने से बहुत नीचा तापक्रम प्राप्त हो सकता है।

ग्यारहवाँ अध्याय

ताप की मात्रा

गर्मी ली या दी जा सकती है वह एक वस्तु से निकल कर दूसरी वस्तु मे प्रवेश कर सकती है। गरम लोहे के गोले को पानी मे डाल दे तो पानी गरम हो जायगा और गोला ठंडा, यहाँ तक कि दोनो का तापक्रम समान हो जायगा। यदि हम १० दस ग्राम के गोले पीतल, लोहा आदि पदार्थों के बना ले और उनको खौलते पानी के तापक्रम अर्थात् १००" श तक गरम करके पानी की समान मात्राओ मे डाल दे तो अन्त मे पानी का तापक्रम एक समान न रहेगा। इससे स्पष्ट है भिन्न भिन्न पदार्थों की समान मात्राएँ भी असमान ताप की मात्राएँ देती हैं। इसलिए प्रत्येक पदार्थ का विशिष्ट ताप (Specific Heat) निकालना पड़ता है। किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप वह ताप की मात्रा है जो उस पदार्थ के एक ग्राम को एक डिग्री शताश तक गरम करने मे काम आती है अथवा एक ग्राम पदार्थ के एक डिग्री ठडे होने मे जो ताप की मात्रा प्राप्त होगी वह उस पदार्थ का विशिष्ट ताप कहलायगा।

एक ग्राम पानी को एक डिग्री शताश गरम करने के लिए जितने ताप की आवश्यकता होती है उसे १ कलारी कहते हैं। यही ताप की इकाई कहलाती है। ताप को इस इकाई को मान लेने पर विशिष्ट ताप की एक अधिक सरल परिभाषा यों दी जा सकती है।

किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप उस पदार्थ के किसी पिण्ड को एक डिग्री शताश तक गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिये और उतने ही भार वाले पानी को एक डिग्री श० गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिये. इन दोनों गरमी की मात्राओ की निष्पत्ति है अर्थात्।

किसी पदार्थ का विशिष्ट ताप

$$= \frac{\text{उस पदार्थ के किसी पिण्ड को १°श गरम करनेवाली गरमी की मात्रा}}{\text{उतने ही भार वाले पानी को १°श करने वाली गरमी की मात्रा}}$$

कुछ पदार्थों के विशिष्ट ताप नीचे दिये जाते हैं। उनसे पता चलेगा कि पानी का विशिष्ट ताप सबसे अधिक है।

अल्यूमिनियम	० २१२
पीतल	० ०८८
ताँबा	० ०९३६
रेत	० १९
बरफ	० ५०२
काँच	० १२
ग्लिसरीन	० ५८
पानी	१ ००

पानी के ऊँचे विशिष्ट ताप का महत्व

दिन मे जब कि गरमी तेज पड़ती है तो धरती अधिक गरम हो जाती है और समुद्र का जल कम क्योंकि मट्टी का विशिष्ट ताप कम और पानी का अधिक है। धरती के गरम होने से उसके ऊपर की हवा भी गरम हो जाती है और पतली होकर ऊपर को उठने लगती है। अतएव समुद्र के ऊपर की ठडी हवा धरती की तरफ दौड़ती है—हवा समुद्र से खुशकी की ओर चलती है। रात को धरती शीघ्र ठडी हो जाती है पर पानी इतनी शीघ्रता से ठडा नही हो पाता, अतएव रात मे हवा खुश्की से समुद्र की ओर अग्रसर होती है।

इसी प्रकार समुद्र का जल जितनी गरमी को ग्रीष्म ऋतु मे सोख लेता है वह क्रमश. पानी मे से निकल कर खुश्की का तापक्रम सहसा कम नही

होने देती। इस प्रकार टापुओं के तापक्रम पर और उनके मौसम पर समुद्र का बहुत गहरा प्रभाव पड़ता है।

ताप की समाई (Capacity for Heat) या ताप ग्रहण शक्ति

हम ऊपर बतला चुके हैं कि ताँबे का विशिष्ट ताप ०९ है। अतएव यदि १०० ग्राम ताँबे का एक बर्तन ले तो उसको १°श गरम करने के लिए १०० × ०९ अर्थात् ९ कलारी ताप की आवश्यकता होगी। यह ताप की मात्रा उस बर्तन (पिण्ड) की ताप की समाई (Capacity for Heat) कहलायगी। अर्थात् किसी पिण्ड की ताप की समाई ताप की वह मात्रा है जो उस पिण्ड को १°श गरम करने मे काम आती है। अथवा जो उस पिण्ड के १°श ठडे होने मे उसमे से निकलती है।

दशा का परिवर्तन

एक बीकर मे कुछ पानी और बरफ का मिश्रण लो उसको तिपाई पर जाली बिछा कर रख दो और मिश्रण को हिला कर ताप क्रम देख लो। वह ० श होगा। हिलाते जाओ, तापक्रम उतना ही रहेगा, परन्तु बरफ क्रमशः गलती जायगी। अब एक बरनर जलाकर तिपाई के नीचे रख दो। हिलाते जाओ और तापक्रम लेते जाओ। देखोगे कि यद्यपि बरनर से ताप निरन्तर आ रहा है, तथापि तापक्रम ० श ही रहता है। यही हाल रहेगा जब तक कि कुल बरफ न गल जायगी।

बरफ के गल चुकने के पहले तापक्रम क्यो नही बढता? जो ताप बरनर से आता है वह कहाँ चला जाता है? बरफ गल चुकने के बाद ही क्यों तापक्रम बढ़ता है? इन सब प्रश्नों का एक यही उत्तर है कि बरफ के गलने मे कुछ ताप उसके अन्दर प्रवेश कर जाता है, जो अवस्था परिवर्तन (ठोस से द्रव) में काम आता है न कि तापक्रम बढ़ाने में। जो ताप इस प्रकार अन्तर्हित हो जाता है—छिप जाता है—उसे द्रवण का गुप्त ताप (Latent Heat of fusion) कहते हैं।

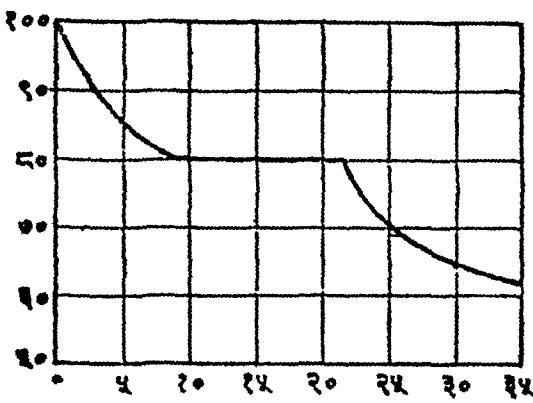
जिस प्रकार गलते समय द्रवित होने मे ताप गुप्त या लुप्त हो जाता है उसी प्रकार ठोस होने मे या जमने मे ताप प्रकट भी होता है। किसी परख नली (Test tube) मे नेफथलीन बूक कर लगभग आधी भर दो। इस ट्यूब को पानी भरे बीकर मे रख दो और पानी गरम करो, यहाँ तक कि नेफथलीन बिलकुल गल जाय। अब बरनर हटा दो। नेफथलीन के बीचो-बीच एक ताप-मापक की घुडी लटका दो। और क्रमशः बिना हिलाये डुलाये तापक्रम पढते जाओ। पहले देखोगे कि तापक्रम क्रमशः घटता जाता है। कुछ देर बाद उसका घटना रुक जायगा, वह कुछ समय तक यथावत बना रहेगा। ध्यान देकर देखोगे तो पता चलेगा कि नेफथलीन जमती जा रही है। जब कुल जम जायगी तो तापक्रम फिर धीरे धीरे घटेगा—यहाँ तक कि कमरे के तापक्रम के बराबर हो जायगा।

पहले क्यो तापक्रम घटा ?—नेफथलीन का तापक्रम कमरे के तापक्रम से अधिक था। अतएव उसमे से ताप निकल कर कमरे मे फैला। इस क्रिया को विकिरण (Radiation) कहते हैं। ऊँचे तापक्रम के पिण्ड अपना ताप चारो ओर वितरित करते रहते हैं।

तापक्रम स्थिर क्यो हुआ ?—जब तापक्रम घटते घटते नेफथलीन के द्रवण विन्दु अथवा जमाव विन्दु तक आ गया तो उसका जमना आरम्भ हुआ। जमते समय वह ताप जो गलते समय लुप्त हो गया था प्रकट होने लगा। इसलिए विकिरण से (Radiation) जो ताप बाहर जाता था, उतना जमने की क्रिया में पैदा होने लगा। अतएव जब तक जमना जारी रहा, तापक्रम स्थिर रहा। तत् पश्चात् फिर घटने लगा।

प्रयोग—नफथलीन का ठडे होने का वक्र खींचो और उसका द्रवण विन्दु निकालो।

उपर्युक्त प्रयोग में ठडे होते हुए नेफथलीन का तापक्रम आध आध

मिनट पर देख लो। उसके जम जाने पर चारखाने के कागज पर समय और तापक्रम के द्योतक विन्दु बनालो। इनके जोड़ने से एक वक्र बन जायगा जो चित्र ५० में दिखाया गया है। सीधी रेखा द्रवण विन्दु बताती है।

चित्र ५०—नेफथलीन के ठंडे होने का वक्र और उसका द्रवणविन्दु

प्रयोगों द्वारा पता चला है कि १ ग्राम बरफ़ के पिघलने के लिए ८० कलारी ताप की आवश्यकता होती है। अतएव १ ग्राम बरफ़ बनाने के लिए १ ग्राम पानी में से जिसका तापक्रम ०° श है ८० कलारी गरमी निकालनी पड़ेगी। अतएव बरफ़ जमने के लिये पानी को केवल ०° श तक ही नहीं बरन और नीचे के तापक्रम तक ठंडा करते हैं। पहले पानी (बरफ़ और नमक के मिश्रण में रख कर) मान लीजिये—२०° श तक ठंडा किया गया। उसका कुछ अंश जम जायगा, तापक्रम बढ़ कर ०° श हो जायगा, तदनन्तर पानी फिर ठंडा होगा—यही क्रम जारी रहेगा जब तक कुल पानी की बरफ़ न बन जायगी।

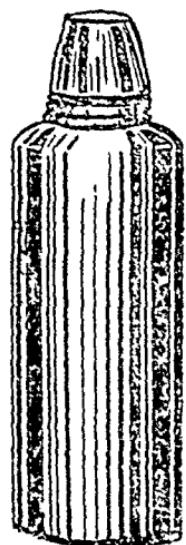
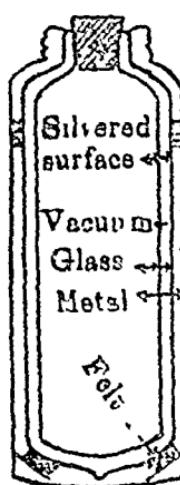
बरफ़ क्यो गलती है ?

बरफ़ का तापक्रम ०° श रहता है परन्तु आस बहुत ऊँचा रहता है। अतएव चारों तरफ (Radiation) से उसमें पहुँचती है और बरफ़

क्या बरफ़ का गलना रोका जा सकता है

गरमी केवल विकिरण (Radiation) से ही नही पहुँचती वरन् परिचालन (Conduction) से भी पहुँचती है। बरफ जिस चीज़ में रखी जाती है उसका सम्पर्क अन्य चीजों से भी है, जिनका तापक्रम अधिक है। अधिक संलग्न रहने से ताप ऊँचे तापक्रम वाली वस्तुओं से परिचालन द्वारा बरफ तक पहुँचता है। इस परिचालन को कम करने के लिए बरफ काठ के बक्स में, काठ के बुरादे मे दबा कर या कम्बल मे लपेट कर रखी जाती है। काठ, बुरादा, कम्बल सभी बुरे चालक हैं, अतएव उनके द्वारा बाहर की गरमी परिचालन (Conduction) से बरफ तक नही पहुँच सकती।

(Thermos or Thermo flask)

थरमोस या थर्मोफ्लास्क में (Conduction) परिचालन और (Radiation) विकरण दोनों को रोकने का प्रयत्न किया जाता है।

चित्र ५१ चित्र ५२

उसके अन्दर की कुप्पी दुहरी दीवार की होती है। भीतरी दीवार भीतर से और बाहरी बाहर से पालिश करके चमकदार कर दी जाती

अन्तर केवल ३६° श का है। इस प्रकार दोनों मे अधिक अन्तर न होने से न तो शरीर का ताप एक दम बरफ की तरफ दौडेगा और न इतना नष्ट ही होगा। उधर भाप का तापक्रम १००°श है। उसका और शरीर के तापक्रम का अन्तर ६४° है, इसलिए उसकी गरमी शरीर मे जल्दी प्रवेश करेगी और प्रत्येक ग्राम भाप के पानी बनने मे ५४० कलारी निकलकर शरीर पर क्रिया करेगी, अतएव शरीर पर आबले पड़ जायँगे।

क्या पानी सदा १००° श पर ही खौलता है ?

यदि पानी मे कोई पदार्थ घुला हुआ है तो उसका क्वथनाक बढ जायगा, (यदि पदार्थ उड़नशील नही है तो) इसलिए जब साग में नमक छोड़ देते हैं तो जल्दी चुर जाता है। उसका क्वथनाक १०० श अधिक हो जाता है। यदि मिला हुआ पदार्थ उड़नशील हुआ (Volatile) तो उबाल विन्दु कम हो जायगा , जैसे पानी में मद्यसार अमोनिया आदि मिला देने से होता है, अतएव यदि पानी शुद्ध हुआ तो उसका उबाल विन्दु लगभग १००° श होगा।

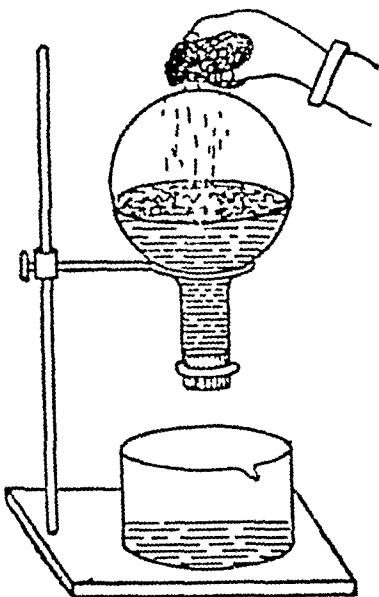
लगभग क्यो ? इसका कारण यह है कि वायु के दबाव का भी प्रभाव क्वथनाक पर होता है। लगभग २७ स० मि० दबाव के अन्तर हो जाने से क्वथनाक मे भी १° श का अन्तर हो जाता है।

अब समझ मे आ जायगा कि पहाडों पर साग, भाजी या दाल का चुरना क्यों कठिन हो जाता है। वहाँ वायु का दबाव कम होता है, इसलिए क्वथनाक कम हो जाता है और साग चुरने के योग्य तापक्रम नहीं पहुँच पाता।

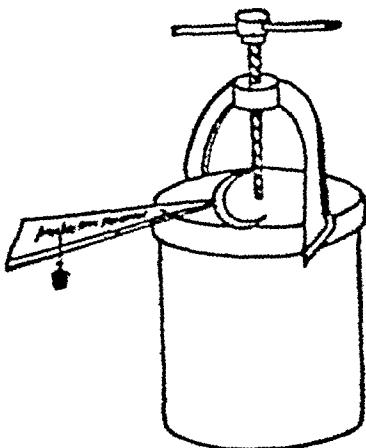
पाचक (Digester)

यदि देगची का मुँह बन्द करके भाप का निकलना बन्द कर दिया जाय तो जो भाप बनेगी वह भीतर ही रहकर पानी पर का दबाव बढा देगी, इसलिए पानी का उबाल विन्दु बढ जायगी। यही " पाचक " यन्त्र का सिद्धान्त है। एक साधारण पाचक यन्त्र देगची पर सिल आदि

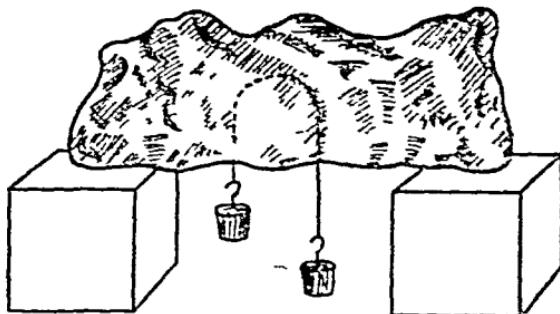
रखकर भी घर पर बना लिया जाता है, जैसा कि बहुधा जमींकंद बनाते वक्त किया जाता है।

प्रयोग—एक कुप्पी मे पानी गरम करो यहाँ तक कि उबलने लगे। तदनन्तर बरनर हटाकर कुप्पी का मुँह काग से बन्द कर दो और उसको स्टेण्ड के छल्ले मे औंधा दो। अब एक झाड़न को पानी मे भिगो कर कुप्पी के ऊपर निचोड़ो। देखोगे कि पानी फिर से उबलने लगेगा। पानी पड़ने से कुप्पी के अन्दर की भाप ठडी होकर द्रवित हो जायगी। अतएव पानी के ऊपर का दबाव कम हो जायगी और तापक्रम १००° श से कम होने पर भी वह खौलने लगेगा।

चित्र ५३

क्या द्रवण विन्दु पर भी दबाव का प्रभाव पड़ता है ?

आपने बाज़ार में बरफ की चिड़िया बिकते देखी होगी। बरफ का बुरादा साँचे मे डाल कर भीचा जाता है। इससे बरफ के टुकड़े एक दूसरे से जुड़कर चिड़िया का रूप बना लेते हैं। वस्तुतः दबाव पड़ने से बरफ़ का द्रवण विन्दु कम हो जाता है अर्थात ० श पर भी रहते हुए वह द्रवित हो जाती है, परन्तु दबाव हटने से फिर द्रवण विन्दु बढ़

चित्र ५४—पाचक

जाता है, पिघली हुई बरफ जम जाती है। जिन टुकड़ों के बीच यह घटना होती है वह चिपक जाते हैं।

प्रयोग—एक बरफ का दस सेर का टुकड़ा दो लकड़ी के बक्सों पर रख दो। बीच में उस पर एक तार लटका दो और तार के दोनों सिरों मे भारी बॉट बाँधकर लटका दो। थोडी देर मे देखोगे कि तार चार अगुल धंस जायगा परन्तु बरफ का पिण्ड कहीं कटा नजर न आयेगा। तार के नीचे दबाव पड़ने से बरफ पिघल जाती है और उस पानी मे तार डूब जाता है, पानी तार के ऊपर आ जाता है, परन्तु दबाव कम होते ही जम जाता है। इस प्रकार तार बरफ मे धसता चला जाता है। इस क्रिया को (Regelation) पुनर्घनीभवन कहते हैं।

चित्र ५५

प्रकृति में पुनर्घनी भवन

पहाड़ों मे बरफ बहुत गिरती है तो उसके बड़े बड़े ढेर लग जाते हैं। इन ढेरों के नीचे की बरफ़ दबाव पड़ने से पिघल जाती है अतएव ऊपर का पिण्ड ढलाव की तरफ चलने लगता है। इन्हीं बरफ की नदियों को हिमनद Glacier कहते हैं। स्केटिंग में भी दबाव से स्केट के नीचे की बरफ गल जाती है और स्केटिंग सम्भव होता है।

बरफ़ पानी से हलकी है या भारी ?

बरफ़ पानी मे उतराती है, इसलिए बरफ़ पानी से हलकी है। प्रयोगों

से पता चला है कि एक घन श० मी० बरफ का भार ६०७ ग्राम है अर्थात् बरफ बनने मे आयतन की वृद्धि लगभग दशाश हो जाती है।

ठोस होने पर फैलने वाले पदार्थों का द्रवण विन्दु दबाव बढ़ाने से घट जाता है और घटाने से बढ़ जाता है।

परन्तु जो पदार्थ ठोस होने पर सिकुड़ जाते हैं, उन पर इससे विपरीत प्रभाव पड़ता है।

गरम छत धोने से ठंडी होती है ?

यदि किसी गरम वस्तु को ठडा करना हो तो उसको धोने से काम न चलेगा। उस पर छींटा देना अधिक लाभदायक होगा। धोने से पानी ऊपर होकर निकल जायगा। कुछ गरमी का अपहरण परिचालन (Conduction) से कर लेगा। परन्तु छींटा देने से पानी वहाँ गिर कर भाप बन कर उडेगा। प्रत्येक ग्राम पानी भाप बनने में ५४० कलारी गरमी ले उड़ेगा। अतएव छींटा देने से कम पानी से वस्तु को ठंडा किया जा सकता है।

फब्बारे का स्नान

अपने शरीर पर पानी लोटा भर भर डालने में उतनी सरदी नहीं लगती जितनी फब्बारे के नीचे छींटे पड़ने से लगती है। कारण पूर्ववत है।

बारहवाँ अध्याय

ताप की यात्रा

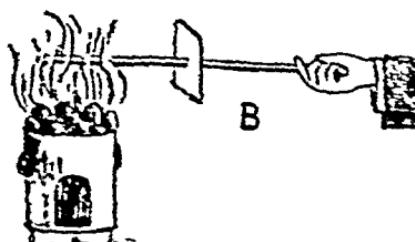
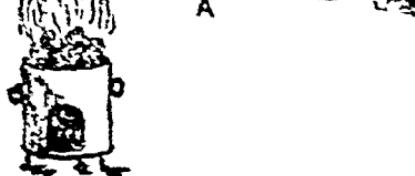
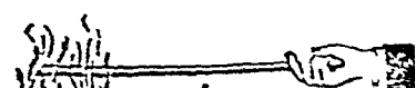
ताप एक स्थान से दूसरे स्थान को नीचे लिखी तीन विधियों में से किसी एक के द्वारा जाता है :—

परिचालन (Conduction)

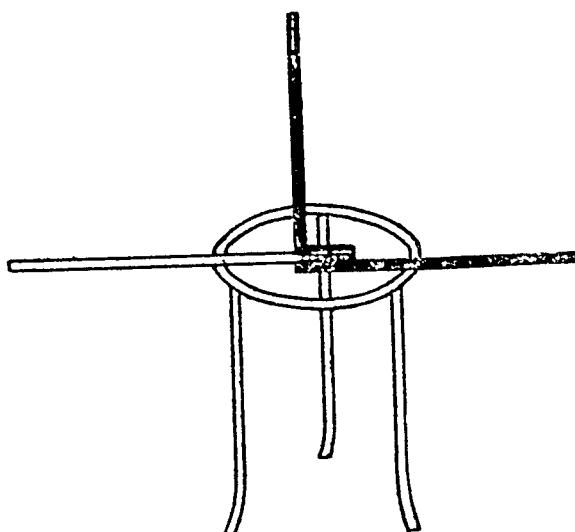
परिवाहन (Convection)

विकिरण (Radiation)

यहाँ इन तीनों विधियों पर विचार करेंगे। जलती हुई अँगीठी या चूल्हे में एक लोहे की छड़ का सिरा रख दो। देखोगे कि थोड़ी देर में गरमी दूसरे सिरे तक पहुँच जाती है और छड़ क्रमशः गरम होने लगती है। जो सिरा अँगीठी मे रखा हुआ है वह सबसे अधिक गरम होगा और क्रमशः तापक्रम कम होता चला जायगा, यहाँ तक कि बाहरी सिरे तक पहुँच जाओगे।

चित्र ५६

यदि उक्त छड़ मे एक दफती का टुकड़ा पहना दे तो छड़ के गरम होने मे कोई अन्तर न पड़ेगा, परन्तु हमको कम तपन जान पड़ेगी। कारण यह है कि जो गरमी विकिरण द्वारा हम तक पहुँचती थी उसे दफती रोक लेती है, परन्तु छड़ मे गरमी का प्रवाह पूर्ववत् बना रहेगा।

यहाँ पर गरमी परिचालन क्रिया से एक स्थान से दूसरे स्थान तक चलती है। दोनों स्थानों के बीच मे किसी ठोस पदार्थ की आवश्यकता है। इस ठोस पदार्थ के किसी भाग मे जो गरमी आती है वह पास के सन्नद्ध, जुड़े हुए, भाग मे प्रवेश करती है। इस भाग मे से आगे के भाग में जाती है और इसी क्रम से अन्त के भाग तक पहुँच जाती है। अतएव स्पष्ट है कि परिचालन के लिए किसी ठोस पदार्श की आवश्यकता है।

परन्तु चूल्हे मे जो लकड़ी जलती है, उसका बाहरी सिरा ठडा रहता है। यह क्यों? स्पष्ट है कि लोहा ताप का सुचालक है, (Conductor) और लकड़ी कुचालक (Non conductor)। इसी प्रकार जब गरम कढाई हलवाई लोग भट्टी पर से उतारते हैं तो उसके कड़ों को कपड़े से पकड़ते हैं। क्योंकि कपड़ा भी ताप का कुचालक है।

चित्र ५७

तीन धातुओं के तीन पतली छड़े लेकर एक साथ बाँध लो। तदनन्तर उन पर मोमकी मोटी तह चढाकर चित्र ५७ में दिखाई विधि से गरम करो। मोम के पिघलने से ज्ञात होगा कि इनमें से कौन धातु कैसी चालक है।

सरदी में कपडे क्यो पहनते है ?

प्रायः यह कहा जाता है कि ऊनी कपड़ा गरम होता है और सूती ठडा। परन्तु यह कहने का फेर है। कहना यह चाहिये कि ऊनी कपडा कुचालक हैं और सूती कपड़ा उसकी अपेक्षतः सुचालक या कम कुचालक। सरदी के मौसम मे शारीरिक ताप ठडी हवा के स्पर्श से जल्दी जल्दी निकल कर बाहर फैलने का प्रयत्न करता है। इस क्रिया के रोकने के लिए कुचालक वस्त्रों का उपयोग करते हैं, जिसमे शरीर का ताप शरीर मे ही रहे या बहुत कम निकले। सूती वस्त्र गरमी के बाहर निकलने से कम रोकते हैं, उनमे होकर ताप जल्दी परिचालित हो जाता है, परन्तु ऊनी वस्त्र ताप के नही जाने देते या बहुत धीरे धीरे जाने देते हैं।

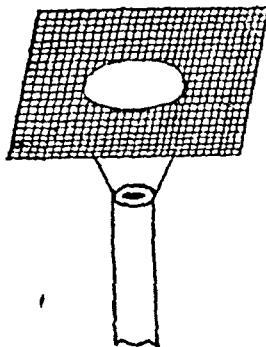
रूई क्यो धुनाई जाती है ?

रूई के धुनवाने के पश्चात् उसका आयतन बढ जाता है। उसके रेशों के बीच मे हवा भर जाती है। यह हवा स्वय कुचालक होती है अतएव रूई की कुचालकता बढ़ा देती है। पीछे से जब वह दब कर पिचक जाती है—उसके रेशों के बीच की हवा निकल जाती है—तब वह उतनी कुचालक नहीं रहती। इसी बात के साधारण बोल चाल मे कहते हैं कि पुरानी रूई इतनी गरम नही होती।

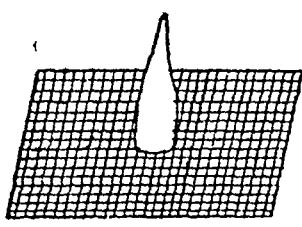
ओस मे पडे हुए लोहे और लकडी में अन्तर

रात के समय यदि एक लोहे का चिमटा और लकडी का टुकड़ा ओस मे शीतकाल मे छोड़ दिया जाय और सवेरे उनको उठाया जाय तो चिमटा लकड़ी की अपेक्षत अधिक ठडा मालूम होगा। क्यों ? चिमटा सुचालक है। हाथ की गरमी शीघ्रता से खींचकर गरम होने लगता है। लकड़ी कुचालक है, अतएव हाथ की गरमी खींच नहीं पाती।

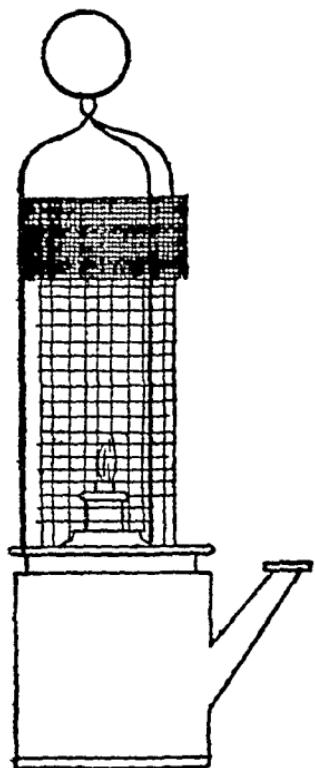
प्रयोग—एक गैस बरनर जलाओ। लोहे की जाली के टुकड़े से उसकी लौ दबाओ। लौ जाली मे से पार कर के ऊपर न जायगी। हाँ, जब जाली देर तक गरम करने से लाल हो जायगी तो ऊपर भी लौ दिखाई पड़ने लगेगी।

चित्र ५८

जाली के ऊपर भी वेजली गैस रहती है। यह बात जलती दिया सलाई जाली के ऊपर लाकर देख सकते हैं। जाली के ऊपर शीघ्र ही गैस जलने लगेगी और पूरी लौ (कुछ जाली के नीचे और ऊपर) दिखाई देने लगेगी।

प्रयोग—इस बार बरनर को न जलाओ, वरनर के मुँह से दो अंगुल ऊपर जाली थाम कर जाली के ऊपर जलती दियासलाई दिखाओ। गैस जल उठेगी। जाली के नीचे, गैस होते हुए भी नही जलती। बहुत देर तक जाली गरम होने देने पर नीचे के गैस भी जल सकती है।

चित्र ५६

यहाँ पर यह प्रश्न है कि गैस रहते हुए भी पहले प्रयोग मे जाली के ऊपर और दूसरे प्रयोग मे जाली के नीचे नहीं जली? कारण है जाली की सुचालकता। जो गरमी जाली तक पहुँचती है वह चारो ओर इस शीघ्रता से फैल जाती है कि ऊपर या नीचे की गैस पर्याप्त ताप नही पाती और नहीं जलती।

ऊपर दिये हुए प्रयोगों के सहारे (Davy's Safety lamp) डेवी ने अपना रक्षक दीप बनाया। यह एक मामूली लालटेन होती है परन्तु चारों ओर से जाली से ढकी रहती है। अतएव कदाचित् इस लेम्प के चारो ओर कोई जलने वाली गैस छोड़ दी जाय तो उस गैस का कुछ अश जाली मे घुस कर उसके अन्दर जलने लगेगा। बत्ती की लौ बढकर बड़ी होने लगेगी और सम्भव है कि पूरी जाली की चिमनी को भर दे, परन्तु बाहर की गैस पर कोई प्रभाव नही पड़ेगा।

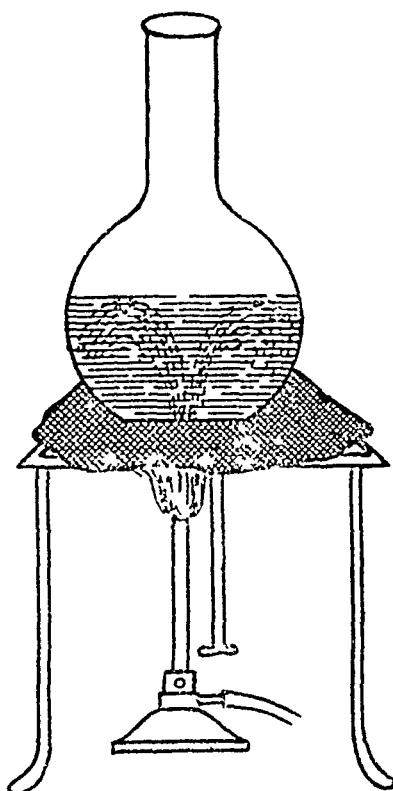
चित्र ६०

पुराने जमाने मे कोयलों की खदानों मे प्रस्तरों मे से जलने वाली गैसे कभी कभी सहसा निकलने लगती थीं तो साधारण लेम्पों के रहने से जल उठती थीं और बड़े जोर का धड़ाका (Explosion) होने से दुर्घटनाएँ हो जाती थीं, परन्तु डेवी के लेम्प के प्रयोग से ज्वलनशील गैसों की उपस्थिति शीघ्र ही मालूम हो जाती थी और मजदूर लोग लेम्पों को बुझाकर खदान से बाहर निकल आते थे।

परिवाहन

ठोस पदार्थों के अवयवों, अंगो, के पारस्परिक स्थान उत्तप्त होने से नहीं बदलते। परन्तु द्रवों और गैसों मे यह कठिनाई नही है। किसी द्रव या गैस का कोई अंश उत्तप्त होकर प्रसरित हो जाता है तो हलका पड़ने से ऊपर की ओर गति करने लगता है। उसके स्थान पर ऊपर के और आसपास के ठडे पर भारी अंश नीचे की तरफ चलने लगते हैं। अतएव ठोसों में तो गरम भाग पासके भागों को अपना ताप निरन्तर पहुँचाते रहते हैं, परन्तु अपना स्थान नहीं छोड़ते, द्रवो और गैसों में उत्तप्त अंश स्वयम् स्थानान्तर करके ताप को फैलाते हैं।

प्रयोग—एक फ़्लास्क मे पानी भर कर लोहे की तिपाई पर जाली बिछाकर रख दो। उसमे परमेगनेट के दो तीन छोटे छोटे रवे धीरे से छोड़ दो और नीचे से गरम करो। देखोगे कि तलैटी का जल गरम होकर ऊपर की ओर जिधर जायगा उधर उसकी गति विधि को रंग के रवों के अश घुलकर दिखा देगे।

चित्र ६१

प्रयोग—एक अगीठी में कोयले सुलगाकर किसी दीवार के सहारे धूप मे रख दो। कोयलों मे धुआँ न निकलती हो। दीवार पर गैस के अशों का उतार चढ़ाव स्पष्ट दिखाई देगा।

विकिरण (Radiation)

सूर्य से हम तक ताप कैसे पहुँचता है! वायु-मण्डल प्राय: २०० मील से आगे नहीं है। उसके ऊपर शून्य है। इस शून्य मे लाखों मील तक ताप कैसे आता है?

दूर पर अंगीठी मे कोयले जल रहे हैं। उनकी गरमी हम तक कैसे आती है?

जिस क्रिया से दूरस्थ पिण्डों से गरमी हमारे पास आती है या चारों ओर फैलती है, उस क्रिया को विकिरण कहते हैं। ताप की तरगे ईथर

नामक माध्यम मे चलती हैं और वह प्रकाश किरणों की नाईं वर्तन, परावर्तन, आदि सभी बातें प्रदर्शित करती हैं।

सूर्य के ताप से बचने के लिए छाता काम मे लाते हैं और भट्टी की तपत से बचने के लिए बीच मे दफती आदि लगा लेते हैं। इन बातों से स्पष्ट होता है कि जो ताप आ रहा है वह वायु को उत्तप्त नहीं करता, यदि करता होता तो वायु तो छाते के दाएँ बाएँ सभी तरफ है, अतएव उसके हलके से परदे से हमारी बचत न होती। बीच मे दफती लगा देने से ताप का आना रुक जाता है, इससे यह भी सिद्ध होता है कि प्रकाश की नाईं ताप की भी सरल रेखात्मक गति होती है।

चित्र ६२

विकिरित ताप ठोस पदार्थों पर पड कर साधारण ताप का रूप धारण करके अन्य पदार्थों को गरम करता है। यही कारण है कि गरम हवा चलने के पहले पृथ्वी उत्तप्त हो जाती है। उत्तप्त पृथ्वी के सम्पर्क से वायु गरम होती है। जो गरमी पृथ्वी से निकलती है वह परिवाहन द्वारा ऊपर तक पहुँचती है, परन्तु यदि हवा मे पानी की वाष्प अधिक हुई या बादल हुए तो यह गरमी रुक जाती है। यह कारण है कि मेघ शून्य रात्रि अधिक ठडी होती है। घोर शीतकाल मे भी जिस दिन बदली हो जाती है, उस दिन इतनी सरदी नही लगती।

वायु मण्डल (और उसमे भी विशेषतः कर्बनद्विओषिद् तथा जल

वाष्प) वस्तुतः भूमण्डल का दुशाला है, जो उसे गरम रखता है। चन्द्रमा आदि मे दिन और रात के तापक्रमों मे बड़ा अन्तर रहता है।

क्या चमकती हुई साफ पतीली में पानी जल्दी गरम होगा? किसी साफ मजी हुई चमकती हुई देगची मे पानी गरम कीजिये और देखिये कितनी देर मे ५०°श तक तापक्रम बढ़ता है। तदनन्तर उसी देगची पर कुछ कालिख जमा कर उतना ही पानी बंबे से भर कर उसी बरनर पर गरम करो। देखोगे कि पानी का तापक्रम ५० श तक शीघ्र बढ जाता है। कारण यह है कि चमकता हुआ पतीली का तल गरमी का परावर्तन करता है, जिससे बहुत कम गरमी पतीली मे प्रवेश कर पाती है। पतीली की धुँधला या मैली सतह गरमी का अधिक शोषण करती है।

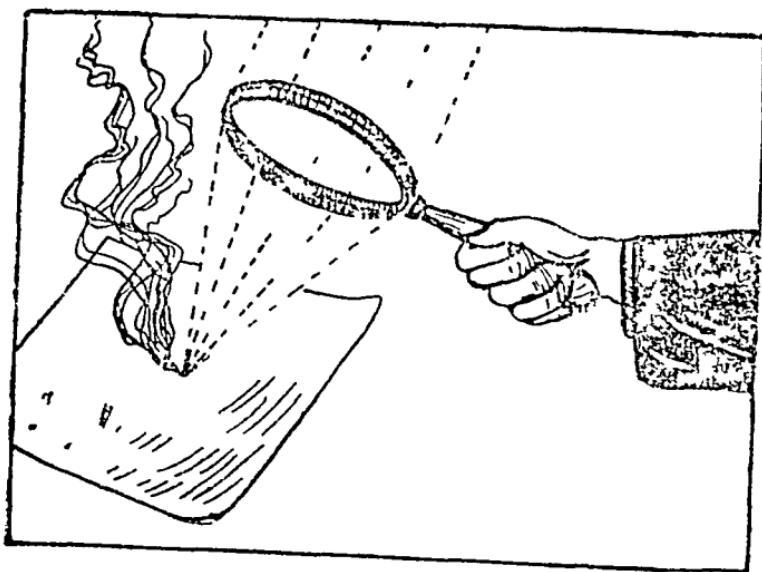
इसी प्रकार चमकती स्वच्छ पतीली मे गरम पानी रख कर देखो कि देर में ठडा होगा। मैली सतह वाली पतीली मे शीघ्र ही ठंडा हो जायगा। कारण कि भीतर से निकलने वाली गरमी को चमकती सतह भीतर ही की तरफ परावतित कर देती है।

इस लिए अच्छा शोषक (Absorber) पदार्थ अच्छा विकिरणकर्ता (Radiator) भी होता है।

ताप का परावर्तन और वर्तन

१९१० ई० की प्रयाग की प्रदर्शनी मे स्वर्गीय प० श्रीकृष्ण जोशी ने "भानुताप" नाम का यत्र दिखाया था। उसमे आठ दस हाथ अर्द्ध-व्यास का एक नतोदर दर्पण काच की पट्टियाँ एक फ्रेम मे लगाकर बनाया था। उन सबपर प्रकाश किरणे गिर कर परावर्तित होकर एक स्थान पर केन्द्रीभूत होती थी। उस केन्द्र में इतनी गरमी पैदा हो जाती थी कि दो मिनट में सीसा पिघलाया जा सकता था। विदेशों मे यह प्रयत्न हो रहा है कि सूर्य के ताप से इस प्रकार का काम लिया जाय।

इस प्रयेाग से स्पष्ट है कि ताप भी प्रकाश के साथ साथ परावर्तित होता है।

आतशी शीशे से जहाँ सूर्य के प्रकाश को वर्तन द्वारा केन्द्रीभूत कर देते हैं तहाँ सूर्य के ताप को भी एकत्रित करते हैं। अतएव यदि किसी उन्नतोदर

चित्र ६३

ताल (Convex lens) द्वारा सूर्य रश्मियों को एक स्थान पर केन्द्रीभूत किया जाय और वहाँ काला कपड़ा रख दिया जाय तो शीघ्र जल उठेगा।

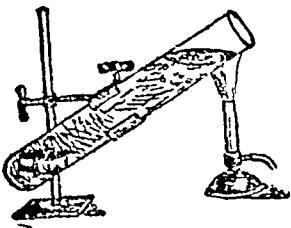
गरमी में काले कपडे क्यो नहीं पहनते ?

काला तल ताप का अच्छा शोषक होता है, अतएव गरमी के दिनों में काले कपड़े पहन कर धूप में चलने मे कष्ट होता है। जाड़े मे पतला सा भी काला कपड़ा पहन कर धूप मे चलने मे सरदी न लगेगी।

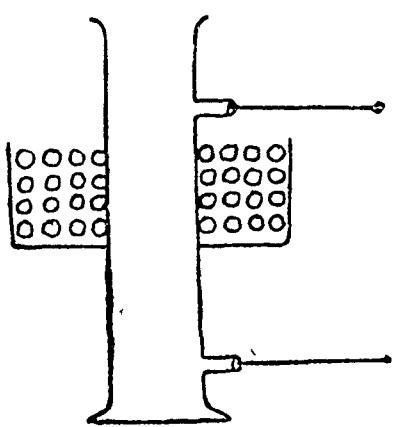
पतीली में खाना पकाने के पहले यदि राख की बहुत हलकी तह पोत दी जाय तो उसमे खाना भी जलदी बनेगा और बाद मे उसको साफ करने में भी सुविधा होगी।

पानी सुचालक है या कुचालक ?

पानी में ताप परिवाहन द्वारा फैलता है। यदि परिवाहन रोक दिया जाय तो देखोगे कि ताप का संचालन प्रायः नहीं होता।

प्रयोग—एक काच की नली मे आधा पानी भरो और एक बरफ का टुकड़ा किसी तार में बाँध कर नली की तलेटी मे रख दो। तदनन्तर नली को कुछ टेढ़ा करके पानी के ऊपरी हिस्से को बरनर से गरम करो। ऊपर पानी खौलने लगेगा। परन्तु बरफ न गलेगी। यहाँ पानी के ऊपरी भाग को गरम करने से परिवाहक धाराएँ नही उत्पन्न हो सकतीं। अतएव गरमी केवल परिचालन से जा सकती है। प्रयेाग से स्पष्ट है कि परिचालन नही होता।

चित्र ६४

पानी का एक विशेष गुण

जब बड़े कड़ाके की सरदी पड़ती है तो पानी जमने लगता है। परन्तु देखा यह जाता है कि तालाबों और नदियों मे केवल ऊपर की तह ही जम कर बरफ में बदल जाती है, नीचे पानी ही रहता है। कारण यह है कि ऊपर से पानी ठडा होकर भारी हो जाता है और नीचे की तरफ उतरने लगता है। नीचे का गरम, पर हलका, पानी ऊपर की ओर उठता है। इस प्रकार परिवाहक धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। यह क्रम ४°श तक जारी रहता है। इसके पश्चात् यदि ऊपर का पानी और ठंडा होता है तो फैलता है और उसका घनत्व कम हो जाता है। अतएव वह नीचे की ओर गति नहीं कर पाता, ऊपर ही बना रहता है—यहाँ तक कि उसका तापक्रम ०°श तक पहुँच जाता है और तदनन्तर वह बरफ मे भी परिणत हो जाता है।

चित्र ६५

याद रखना चाहिये कि ठंडा होने पर पानी का घनत्व बढ़ता है, ४°श पर घनत्व सब से अधिक होता है और तदनन्तर फिर घटने लगता है।

इस प्रकार तालावों के नीचे भाग का तापक्रम ४°श रहता है जब कि ऊपरी भाग में वरफ जम जाती है। इस विधान से विधाता ने मछली आदि जल जन्तुओं की घोर शीत काल में भी रक्षा का प्रबंध कर दिया है। यह जीव पानी में घुली हुई ओषजन से ही अपना गुजर कर लेते हैं।

प्रयोग—इस यंत्र में बरफ से ठंडा किया हुआ पानी जिसका तापक्रम लगभग १०°श हो भर दो। बीच की पेटी में नमक तथा बरफ का मिश्रण भर दो। देखोगे कि पानी ठंडा होता रहेगा यहाँ तक कि दोनों तापमापक ४°श तक उतर जायेंगे। इसके बाद ऊपर का तापमापक ही ४°श से ०°श तक उतरेगा। नीचे का ४°श पर स्थिर रहेगा। देखो चित्र ६५। यह प्रयोग होप ने पहले पहल किया था (Hope's Experiment)।

तेरहवाँ अध्याय

वायु की आर्द्रता

(Humidity)

पानी निरन्तर अनेक स्थलों से क्रमशः उड़ कर भाप मे परिणत होता रहता है, यही कारण है कि वायु मडल मे सदा जल-वाष्प विद्यमान रहती है।

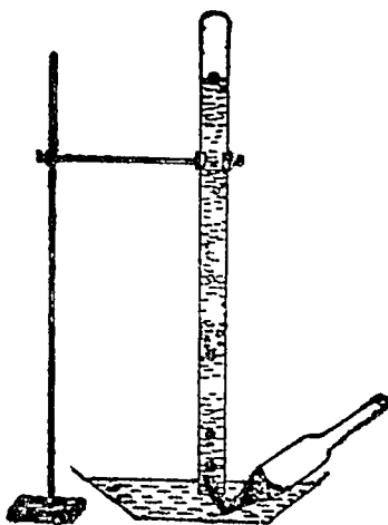
गीले कपड़े क्यो सूखते हैं ?

यद्यपि वायु मे जल-वाष्प सदैव रहती है परन्तु वह इतनी नहीं होती कि वायु को सपृक्त (Saturated) कर दे। निरन्तर झड़ी लगी रहने पर ही खुले मैदान की वायु संपृक्त रहती है। झड़ी बन्द होने पर क्रमशः उसकी असंपृक्तता बढ़ती जाती है। इन बातों का पता गीले कपड़ों के सूखने की गति के निरीक्षण से चलता है।

वायु मे जल-वाष्प का बड़ा महत्व है। हम बता चुके हैं कि हमारे पृथ्वी मडल के गरम रखने में जल-वाष्प कितनी सहायता देती है। इसके अतिरिक्त जल-वाष्प के विद्यमान रहने पर हमारे कल-कारखानों पर भी बड़ा प्रभाव पड़ता है। बारीक सूत का व्यवसाय पुराने समय मे केवल बंगाल मे ही होता था। कारण यह था कि वहाँ की वायु की आर्द्रता के कारण बारीक सूत (दो सौ या अधिक नम्बर का) काता जा सकता है। आर्द्रता कम होने पर यह सूत कातना असभव हो जाता है, क्योंकि धागा टूटने लगता है। इसलिए यदि बारीक सूत कातने के कारखाने चलाने हों तो उनके अन्दर के वायु मण्डल मे पर्याप्त आर्द्रता रहनी चाहिये।

वाष्प का दबाव

प्रयोग—एक साधारण वायु-भारमापक बना लो। उसमें किसी मुड़ी हुई पिपेट द्वारा पानी की कुछ बूँदे चढाओ। देखोगे कि बूँदे पारे के ऊपर

तल पर पहुँच कर भाप में बदल जाती हैं, साथ ही पारदस्तंभ कुछ उतर आता है। इस प्रकार पानी की बूँदे क्रमशः चढ़ाते जाओ। पारा उतरता जायगा, परन्तु कुछ देर बाद पानी की बूँदे पारे के ऊपर तैरने लगेंगी अर्थात् उनका भाप मे बदलना बन्द हो जायगा, साथ ही पारे का नीचे उतरना भी बंद हो जायगा। जितना पारा नीचे उतरा उतना जल वाष्प का इस प्रयोग के तापक्रम पर सपृक्त (वाष्प का) दबाव हुआ।

चित्र ६६

प्रत्येक तरल पदार्थ का किसी भी निश्चित तापक्रम पर संपृक्त वाष्प-दबाव भी निश्चित परिमाण का होता है। अतएव अनेक तापक्रमो पर सपृक्त वाष्प-भार की सूची बना सकते हैं।

ओस विन्दु (Dew-point)

किसी बीकर में पानी रखो। उसका तापक्रम देख लो। तदनन्तर बरफ के छोटे छोटे टुकड़े क्रमशः उसमे डालते जाओ और किसी छल्लेदार तार से हिला कर गलाते जाओ। जब पानी इतना ठडा हो जाय कि बीकर के बाहर जल-वाष्प की पतली तह जम कर उसके तल को धुँधला कर दे तो तापक्रम नाप लो। तदनन्तर पानी को चलाते रहो और जब जल-वाष्प

की तह उड़ जाय तो फिर तापक्रम नाप लो। इन दोनों तापक्रमों का औसत निकाल लो। यह उस समय का जब प्रयोग किया है ओस विन्दु (Dew point) होगा।

आर्द्रता

ओस विन्दु तथा प्रयोग के तापक्रमों पर के जल-वाष्प के दबाव सूची में से देख लो। मान लो कि यह दबाव $द_१$ तथा $द_२$ है। तो $\frac{द_१}{द_२} \times १००$ आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity) कहलाती है। मान लो किसी दिन तापक्रम २४°श है और ओस विन्दु १४°श है। सूची मे दिया है कि जल-वाष्प का संपृक्त दबाव इन तापक्रमों पर क्रमशः २२ ३२ तथा ६ ८४ स० मी० (पारद) है।

$$\therefore \text{ आपेक्षिक आर्द्रता } = \frac{६\cdot८४}{२२\ ३२} \times १०० = ४४\cdot३१\ \%$$

$$\text{वस्तुतः आ० आर्द्रता } = \frac{\text{जल-वाष्प की मात्रा जो वायु मे विद्यमान है}}{\text{जल-वाष्प की मात्रा जो संपृक्त वायु मे हो सकती है।}}$$

$$= \frac{\text{जल-वाष्प का ओस विंदु पर संपृक्त दबाव}}{\text{जल-वाष्प का प्रयोगके तापक्रम पर संपृक्त दबाव}}$$

जाड़े के दिनों मे सवेरे मुँह मे से भाप निकलती दिखाई पड़ती है। जल-वाष्प निकलती तो गरमी मे भी है, परन्तु जाड़े में शरीर के निकलने पर संपृक्त हो जाती है और जो अधिक अंश होता है वह जल के अत्यन्त छोटे कणों का रूप धारण कर लेता है और दिखाई पड़ने लगता है।

जाड़े के दिनों में बच्चे अपनी स्लेटे भी इसी क्रिया से गीली करके साफ कर लेते हैं। खिड़कियों में लगे काचों पर भी जल वाष्प इसी प्रकार जम जाती है।

क्या ओस ऊपर से गिरती है ?

प्रायः लोग समझते हैं कि जो सुन्दर ओस कण फूलों की कोमल पखड़ियों पर मोती की आभा दिखाते हैं वह ऊपर से ओस के रूप में गिर कर बने हैं। परन्तु वस्तुतः नीचे की गीली भूमि मे से जो जल-वाष्प निकलती है वही ठडे पत्तों पर आकर जम जाती है।

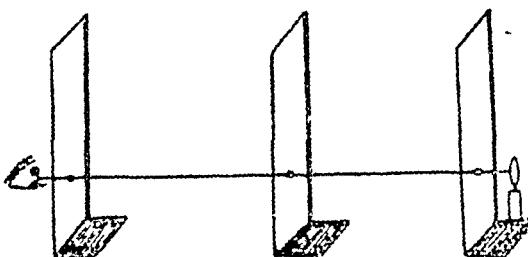
बादल, वर्षा, ओला और बरफ़

पृथ्वी तल से, तालाबों नालों, नदियो और समुद्रों के तल से जो जल-वाष्प निरन्तर उड़ती रहती है वह हलकी होने से ऊपर चढ़ती है। वायुमडल मे ऊपर तापक्रम कम होता है, अतएव वहाँ पहुँच कर वह सपृक्त हो जाती है। सपृक्त करने भर से जो अधिक मात्रा बच रहती है वह अत्यन्त सूक्ष्म जल के कणों के रूप मे बदल कर बादल का रूप धारण कर लेती है। अधिक बड़े कण बने तो बूँदों के रूप मे टपक पड़ते हैं अर्थात् वर्षा होने लगती है।

यही बूँदे यदि गिरते समय अत्यन्त ठडे प्रदेश मे होकर निकलती हैं तो जमकर हिमकण का रूप धारण कर लेती हैं। तब ओले गिरने लगते हैं। यह ओले उतरते समय एक दूसरे से टकरा कर बड़े हो जाते हैं और कभी कभी बरफ की सिले जम जाती हैं।

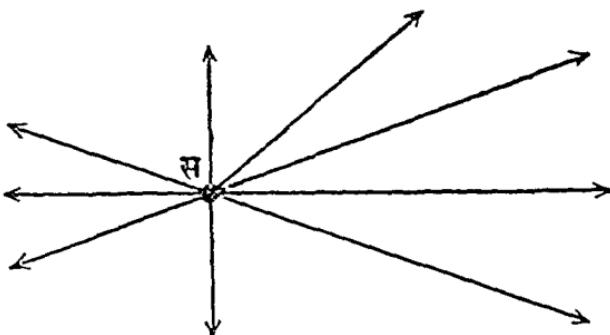
चौदहवाँ अध्याय

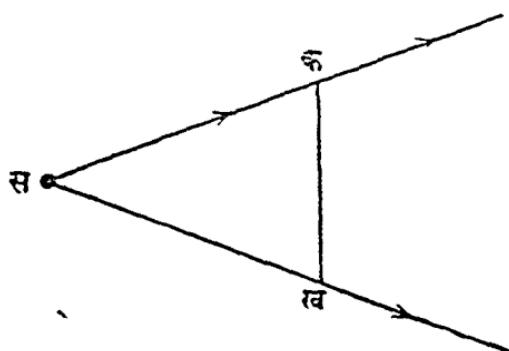
प्रकाश (Light) की गति, छाया और ग्रहण

एक मोमबत्ती जलाकर मेजपर रखो। तीन दफतियाँ लेकर उनमे सूजे से छेद करलो। पहली दफती को मेज पर इस प्रकार स्टेड मे लगा कर खड़ा करो कि उसका छेद बत्ती की लौ के मध्य भाग के बराबर ऊँचा हो और उसमे से लौ साफ साफ सीधी दिखाई देती हो। अब एक दूसरे स्टेड मे दूसरी दफती लगा कर खड़ी कर दो। इसके छेद मे से पहली दफती के छेद तथा बत्ती की लौ को देखने का प्रयत्न करो। देखोगे कि

चित्र ६७

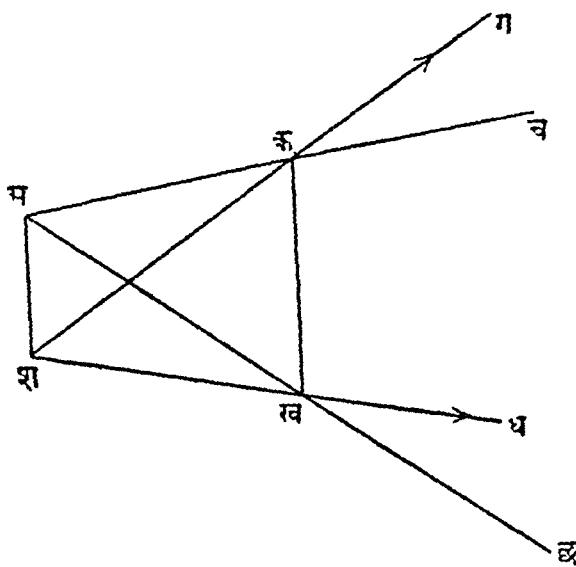
जब तक यह छिद्र पहले छिद्र और लौ को मिलाने वाली रेखा पर न होगा, लौ न दिखाई पड़ेगी। स्पष्ट है कि प्रकाश सीधी रेखा में प्रसार करता है। जो किरण लौ मे से निकल कर पहले छिद्र तक एक निश्चित दिशा में जा रही थी वह उसी दिशा में निरन्तर चलेगी। तीसरी दफती खड़ी करके आगे के मार्ग के सम्बन्ध में भी यह बात पायी जायेगी।

प्रकाश स्रोत के प्रत्येक विन्दु से अनेक किरणे चारो ओर प्रसरित होती हैं, परन्तु किसी विन्दु से चलने वाली कोई भी किरण अपने सीधे मार्ग पर चलती रहती है। जिस पदार्थ मे प्रकाश फैलता है उसको माध्यम कहते हैं (Medium)। यदि माध्यम के भौतिक गुण तथा वनावट

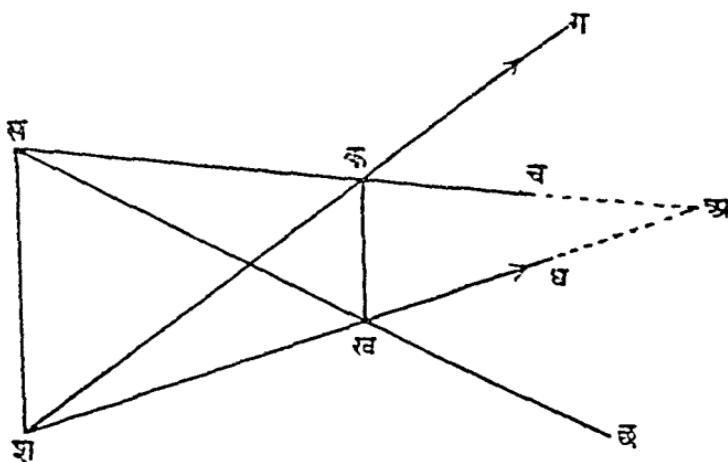
सर्वत्र एक से ही हैं तो **प्रकाश का सरल रेखा गमन का सिद्धान्त** (Rectilinear propagation of light) पक्का निकलेगा। यदि एक माध्यम से प्रकाश दूसरे माध्यम मे जायगा तो उसका मार्ग प्रवेश विन्दु पर बदल जायगा, किन्तु दूसरे माध्यम मे फिर सीधा रेखात्मक होगा।

चित्र ६८

मान लीजिये कि आपके पास प्रकाश का एक विन्दु स्रोत **स** है (Point source of light) इसमे से प्रकाश किरणों के रूप मे चारों ओर फैलता है। यदि कोई वस्तु **क ख** इसके सामने आ पड़े तो क, ख को स्पर्श करती हुई किरणों की बीच की किरणे उससे रुक जायँगी और

चित्र ६९

स क ख त्रिभुज के भुजों के बीच का स्थान **क ख** के पीछे प्रकाश शून्य होगा अर्थात् **क ख ग घ** क्षेत्र अन्धकारमय होगा। इसी को **छाया** (Shadow) कहते हैं।

यदि प्रकाश स्रोत बड़े आकार का हुआ तो अवस्था कुछ भिन्न होगी। मान लो प्रकाश स्रोत **सश** है। **श** विन्दु से जो किरणे निकलती हैं वह **क ख ग घ** क्षेत्र मे नही पहुँच सकतीं इसी प्रकार **स** से निकलने वाली किरणें **क ख च छ** क्षेत्र मे नही पहुँच सकतीं। स्पष्ट है कि **क ख च घ** क्षेत्र में प्रकाश न **स** से और न **श** से पहुँच पाता है और इसीलिए **सश** के किसी भी भाग से वहाँ प्रकाश न पहुँच सकने के कारण **कखघच** में पूर्ण अंधकार होगा। यह क्षेत्र पूर्ण अंधकार का क्षेत्र अथवा प्रच्छाया (Umbra) कहलाता है। इस क्षेत्र मे खड़े मनुष्य को **स श** का कोई भाग न दिखाई पड़ेगा। ध्यान रहे कि यहाँ यह क्षेत्र आगे को बढ़ता चला जा रहा है।

चित्र ७०

क ग च क्षेत्र में **श** से किरणे नही पहुँचती परन्तु अन्य भागों से प्रकाश पहुँचता है। इसलिए **क ग च** क्षेत्र को अर्ध अधकार का क्षेत्र अथवा उपच्छाया (Penumbra) कहते हैं इसी भाँति **घ ख छ** भी पेनम्ब्रा है।

यदि प्रकाश स्रोत क ख से वड़ा होगा तो पूर्णान्धकार क्षेत्र क ख से चलकर सकुचित होता चला जायगा। अ इस क्षेत्र का अन्तिम विन्दु होगा।

चित्र ७१

सूर्य ग्रहण

सूर्य ग्रहण पडने का कारण सूर्य और पृथ्वी के बीच मे चन्द्रमा का आ जाना है। सूर्य वहुत वड़ा है, अतएव चन्द्रमा की छाया ऊपर दिखाई गई विधि से पड़ती है। यदि पृथ्वी पूर्णान्धकार क्षेत्र मे से निकली तो खग्रास दिखाई पड़ेगा अन्यथा कुछ हिस्सा अदृश्य होगा।

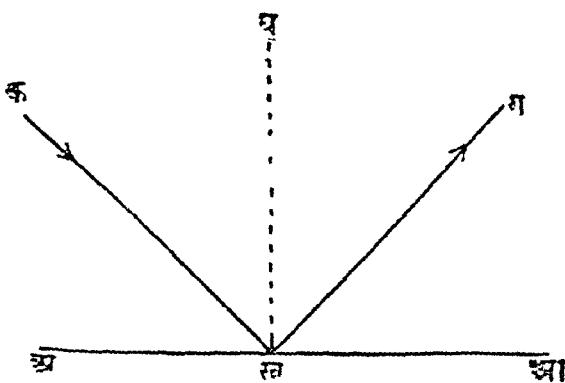
चन्द्र ग्रहण

चन्द्र ग्रहण तव पड़ता है जब पृथ्वी चन्द्र और सूर्य के बीच आ जाती है और उस की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है।

पन्द्रहवाँ अध्याय

परावर्तन तथा समतल दर्पण

प्रकाश शास्त्र की दृष्टि से पदार्थ तीन प्रकार के होते हैं। पार दर्शक (Transparent) अपार दर्शक (Opaque) और धुन्धले (Translucent)।

जब कभी प्रकाश-किरणे किसी वस्तु के तल पर पड़ती हैं तो उनमे से कुछ तो वायु मण्डल मे ही वापस लौट जाती हैं। इस क्रिया को परावर्तन (Reflection) कहते हैं। तल जितना घुटा हुआ, पालिश किया हुआ होगा उतना ही अच्छा परावर्तन होगा। यदि तल के नीचे का पदार्थ पारदर्शक हुआ तो उसमे कुछ प्रकाश प्रवेश कर जाता है। आदर्श पारदर्शक पदार्थ अप्राप्य है। तह की मोटाई के अनुसार पदार्थ पारदर्शक अथवा अर्ध पारदर्शक या धुन्धले होते हैं। २ या ३ फुट गहरा पानी पारदर्शक होगा परन्तु ५ या ६ फुट गहरा पानी अर्ध पारदर्शक होगा। इससे अधिक गहरा अपारदर्शक होगा।

चित्र ७२

किसी अँधेरे कमरे मे सूर्य का कोई किरण समूह प्रवेश कर रहा हो तो उसका मार्ग वायु में के त्रसरेणुओ के कारण दृष्टिगोचर होगा। इस किरण

समूह के किसी दर्पण पर गिराकर प्रतिफलन होने दो। तुम देखोगे कि जिस स्थान पर प्रकाश गिर रहा है, उस पर यदि दर्पण के तल का लम्ब खीचे (Normal at the point of incidence) तो लम्ब के एक ओर आगुन्तक किरणें होगी और दूसरी ओर परावर्तित किरणे।

क ख—आपतित किरण है। (Incident ray)

ख ग—परावर्तित ,, ,, (Reflected ")

घ ख – लम्ब है (Normal)

अ आ दर्पण का परावर्तन तल है (Reflecting surface)

<क ख घ = आपतन कोण।

<ग ख घ = परावर्तन कोण

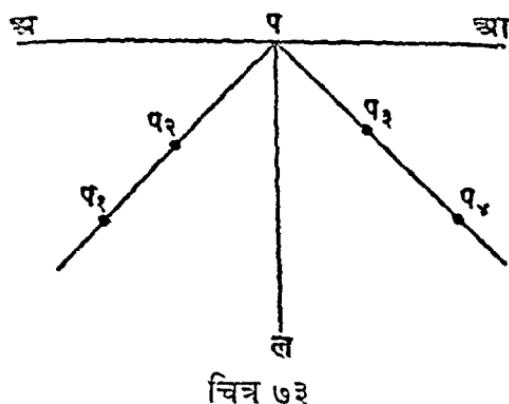
यदि यह कोण नापे जावे तो बराबर पाये जायगे। क ख, ख ग, ख घ, रेखाएँ भी एक तल मे (Plane) विद्यमान मिलेंगी।

परावर्तन के नियम

(१) आपतित किरणे, परावर्तित किरणे और पतन विन्दु पर का लम्ब एक तल मे विद्यमान रहते हैं।

(२) पतन कोण और परावर्तन कोण बराबर होते हैं।

प्रयोग—एक दर्पण अ आ ड्राइग बोर्ड पर किसी कागज़ पर खड़ा

चित्र ७३

कर लो। इसके तल की द्योतक एक रेखा कागज़ पर खीच दो। इसके

सामने कोई रेखा खींच कर उस पर दो पिन लगा दो। $प_1$ $प_2$ रेखा एक किरण का मार्ग प्रदर्शित करेगी। अब जहाँ $प_1$ $प_2$ रेखा दर्पण से मिलती हो उस स्थान पर लम्ब खींच लो और तब लम्ब की दूसरी ओर से दर्पण में देखते हुए एक पिन $प_3$ इस प्रकार गाड़ दो कि उसके पीछे $प_1$ और $प_2$ के प्रति विम्ब छिप जायँ। फिर एक और पिन $प_4$ इस प्रकार गाड़ो कि $प_3$ तथा $प_1$ और $प_2$ के प्रतिविम्ब इसके पीछे हो जायँ। $प_3$ $प_4$ के पद चिन्हों में से एक रेखा खींचो। यह रेखा दर्पण से उसी विन्दु पर मिलेगी जहाँ $प_1$ $प_2$ रेखा मिलती है अर्थात् **प** पर। नाप कर देख लो कि **प ल** से दोनों रेखाएँ $प_1$ $प_2$ और $प_3$ $प_4$ बराबर कोण बनाती हैं।

यहाँ $प_1$ $प_2$ आपतित किरण है और $प_3$ $प_4$ परावर्तित किरण।

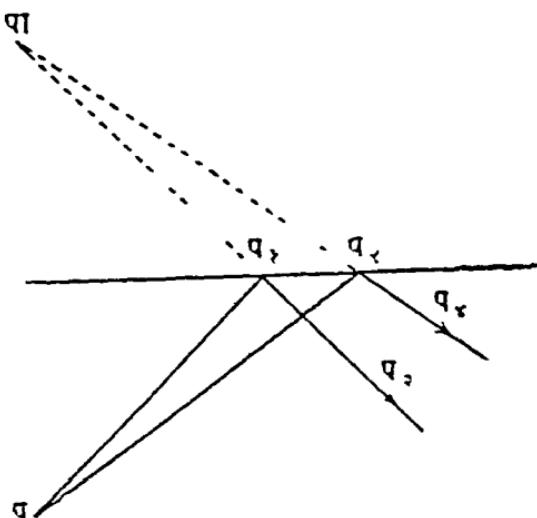
दर्पण का घूमना

$प_1$ $प_2$ को अपने स्थानों पर रख कर दर्पण को १५ डिग्री घुमा दो। तदनन्तर परावर्तित किरण का मार्ग पूर्ववत खींच लो। मान लो कि यह मार्ग $प_5$ $प_6$ है। $प_3$ $प_4$ तथा $प_5$ $प_6$ रेखाओं में ३० डिग्री का कोण मिलेगा। अतएव सिद्ध है कि आपतित किरण का मार्ग स्थिर रहने पर यदि दर्पण **क** डिग्री घुमा दिया जाय तो प्रति फलित किरण २ **क** डिग्री हट जायगी।

यदि $प_3$ $प_4$ रेखा को स्थिर रखकर दर्पण घुमाया जाय तो मालूम होगा कि $प_1$ $प_2$ को हटाना पड़ेगा जिसमें कि परावर्तित किरण $प_3$ $प_4$ पूर्ववत रहे। $प_1 प_2$ को दुगनी डिग्रियाँ में हटाना होगा।

प्रतिविम्ब (Image) कहाँ बनता है ?

अ आ दर्पण के सामने लम्ब से हटकर बाईं ओर प पिन गाड़ दो। अब दर्पण से सटे हुए $प_1$ $प_2$ दो पिन गाड़ दो। तब लम्ब की दाहनी तरफ से देखकर एक पिन $प_3$ इस प्रकार गाड़ो कि $प_3$ $प_1$ रेखा पर प का प्रतिविम्ब दिखाई पड़े अथवा $प_3$ के पीछे $प_1$ तथा प का प्रतिविम्ब अदृश्य हो जायँ। इसी प्रकार $प_4$ गाड़ो कि $प_2$

और **प** का प्रतिविम्ब उसके पीछे छिप जायँ। $प_3\ प_1$ के और $प_2\ प_4$ के पद चिन्हो मे से रेखाऍ खीचो। स्पष्ट है कि $प\ प_1$ और $प\ प_2$

चित्र ७४

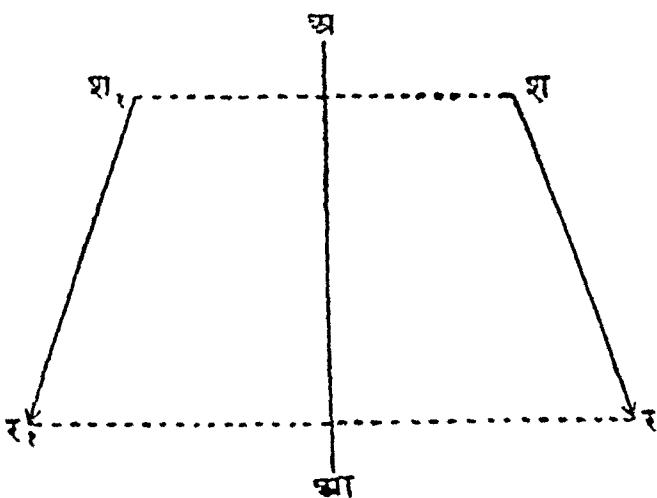
आपतन किरणों की परावर्तित किरणे **$प_1\ प_3$** और $प_2\ प_4$ हैं। इन को पीछे की तरफ बढ़ा कर **पा** विन्दु पर मिलने दो। **पा** ही **प** विन्दु का प्रतिविम्ब है।

इसी प्रकार प से चलने वाली अन्य किरणों को खीचा जाय और उनकी परावर्तित रेखाऍ भी ज्ञात करली जायॅ तो वह भी पीछे की ओर बढ़ाने पर **पा** में जा मिलेगी।

अतएव सिद्ध हुआ कि **पा** ही **प** का प्रतिविम्ब है, क्योंकि प्रतिफलन के बाद **प** से चलने वाली सभी किरणे उससे आती हुई दृष्टिगोचर होती हैं। प और पा की दूरी दर्पण से बराबर होगी। प पा रेखा दर्पण को समकोण पर काटती हैं। यहाँ प्रतिबिम्ब अवास्तविक या काल्पनिक (Virtual) है।

श र का प्रतिविम्ब

मान लो कि दर्पण अ आ के सामने श र वस्तु रखी है। श और र

के प्रतिविम्ब श$_1$ तथा र$_1$ होंगे। जहाँ श$_1$ और र$_1$ की दूरी दर्पण से

चित्र ७५

श और र की दूरी के बराबर होगी और श श$_1$ तथा र र$_1$ दर्पण से समकोण बनाती होंगी।

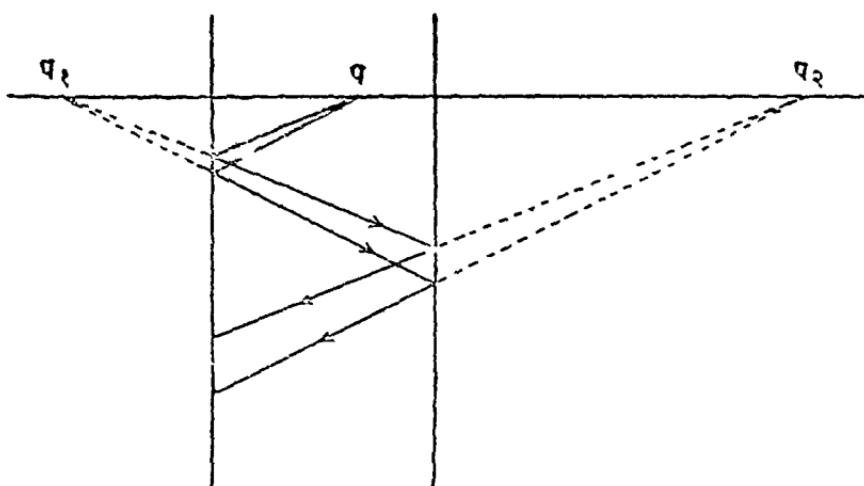
"३" का प्रतिविम्ब

यदि दर्पण के सामने "३" का अंक दफ्ती पर काट कर लम्बरूप रखा जाय तो दर्पण में "ε" का अंक दीख पड़ेगा।

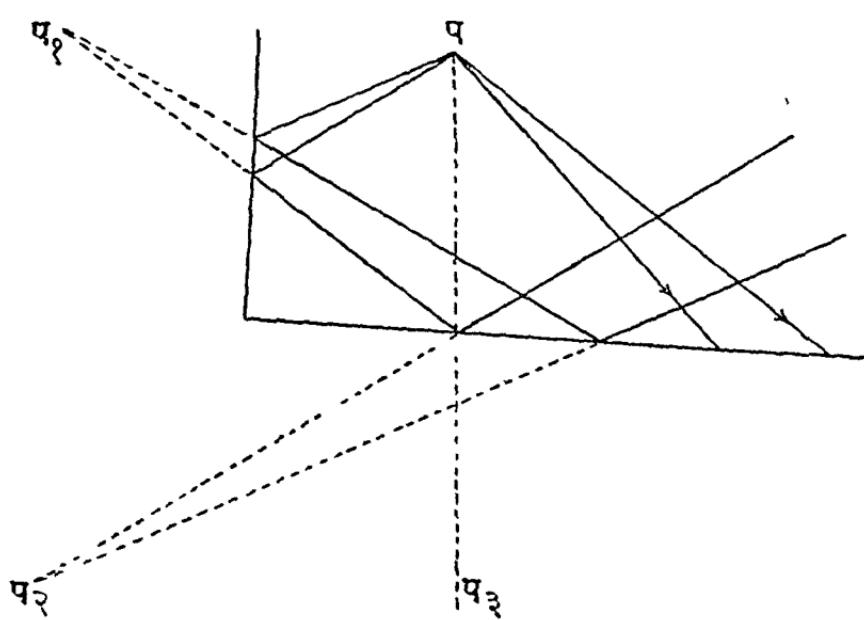
मनुष्य का प्रतिविम्ब

यदि किसी दर्पण के सामने आप खड़े हो जायँ तो आप का दहना अंग प्रतिविम्ब का बायाँ अंग बनेगा और बायाँ दहना हो जायगा।

समानान्तर दर्पण

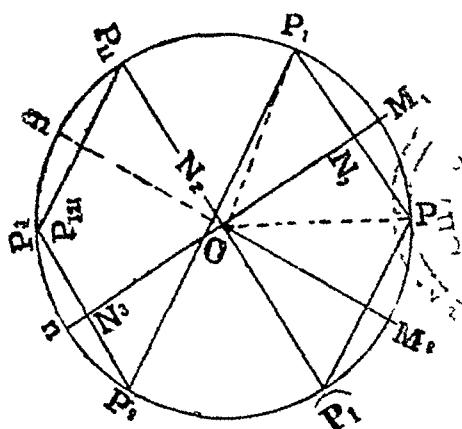
यदि दो समानान्तर दर्पणों के बीच कोई वस्तु रख दी जाय तो दोनों दर्पणों में उसके अनेक प्रति विम्ब दिखाई पड़ेंगे। कारण यह है कि कोई छोटा किरण समूह जो उस वस्तु से चल कर किसी दर्पण पर गिरता है वह वहाँ से प्रतिफलित होकर दूसरे पर गिरता है। दूसरे से प्रतिफलित होकर फिर पहले पर गिरता है। इस प्रकार अनेक बार ये किरणें इन दर्पणों पर गिरती हैं और प्रत्येक प्रतिफलन से एक प्रतिविम्ब दिखाई

चित्र ७६

पड़ता है। यह सब प्रतिबिम्ब प से खींचे गये लम्ब पर स्थित दिखाई पड़ेंगे।

प१
प
प२
प३

चित्र ७७

समकोण दर्पण

यदि दो दर्पण एक दूसरे से समकोण बनाकर रखे जायँ तो उनमें एक वस्तु के तीन प्रतिविम्ब दिखाई देंगे जैसा चित्र में किरणों के मार्ग से दिखाया गया है। देखो चित्र ७७

चित्र ७८

झुके हुए दर्पण

यदि दो दर्पण OM_1 तथा OM_2 झुके हुए हों तो उनके बीच में रखी वस्तु के अनेक प्रतिबिम्ब बनेंगे। इनकी संख्या जानने का गुर यह है $\frac{३६०}{क} - १$ = प्रतिबिम्बों की संख्या, जहाँ क वह कोण है जो दोनों दर्पण एक दूसरे के साथ बनाते हैं।

सोलहवाँ अध्याय

गोलीय दर्पण (Spherical mirrors)

अब तक हमने समतल दर्पणों पर से होने वाले परावर्तन का अध्ययन किया है। परन्तु परावर्तन सभी प्रकार के तलों से हो सकता है। अतएव दर्पण भी अनेक प्रकार के होते हैं। कलई या पालिस किये हुए लोटों गिलासों या थालियों के तल भी एक प्रकार से दर्पण माने जा सकते हैं। उनमें बालक-गण अपनी अनेक प्रकार की आकृतियाँ देख देखकर कितने प्रसन्न होते हैं। दर्पण तल भेद से उन्नतोदर या नतोदर होते हैं। जब पालिश किया हुआ तल बाहर को उभरा रहता है तो दर्पण उन्नतोदर कहलाता है। यदि यह तल भीतर को दबा हुआ हो तो दर्पण नतोदर कहलाता है। इसी प्रकार तल किसी गोले से, दीर्घ वृत्त अथवा वलयाकार पिण्डों से काटकर बनाया जाय अथवा उनके एक भाग की आकृति का हो तो उस दर्पण को गोलीय, दीर्घ वृत्ताकार अथवा वलयाकार दर्पण कहते हैं। गोलीय दर्पण (नतोदर) हजामत बनाने के दर्पणों मे काम आते हैं। इन दर्पणों मे एक ओर समतल दर्पण और दूसरी ओर नतोदर गोलीय दर्पण लगा रहता है। समतल दर्पण मे देखने से मुँह यथावत दीख पड़ता है। परन्तु नतोदर दर्पण मे मुँह का प्रतिविम्ब चाहे जितना बड़ा करके देखा जा सकता है। दीर्घ वृत्तीय अथवा वलयाकार दर्पण लालटेनों या लेम्पों मे प्रकाश को दूर तक फेकने मे काम आते हैं।

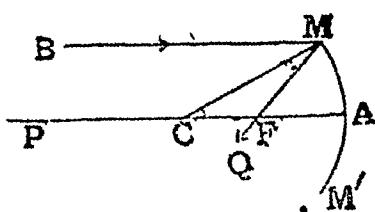
हम केवल गोलीय दर्पणों पर विचार करेंगे।

नतोदर गोलीय दर्पण

Concave (Spherical) Mirror

M A M′ किसी नतोदर दर्पण का खाका है। इस दर्पण का अथवा उस गोले का केन्द्र, जिसको काटकर यह दर्पण बना हुआ माना जा सकता

है C है। A इस दर्पण की पालिश की हुई सतह का मध्य विन्दु (Pole) है। यदि A तथा C को मिलाकर एक रेखा खीची जाय तो वह इस दर्पण की मुख्य अक्ष (Principal Axis) होगी। गोलीय दर्पणों के तल पर से जो परावर्तन होता है वह भी परावर्तन के दोनों नियमों के अनुसार ही होता है।

यदि कोई किरण B M जो अक्ष A C के समानान्तर है दर्पण पर गिरकर परावर्तित होती है तो वह परावर्तन के पश्चात् इस प्रकार मुड़ जायगी कि वह एक विशेष बिन्दु F मे होकर निकलेगी। या यों समझिये कि जितनी किरणे अक्ष के समानान्तर चलकर परावर्तित होंगी वह परावर्तन होने के पश्चात् F विन्दु में होकर जायगी। इस विन्दु को दर्पण की नाभि (Focus) कहते हैं। नाभि A तथा C के ठीक मध्य में स्थित होती है।

चित्र ७९

परावर्तन के नियमों के अनुसार आपतित तथा परावर्तित किरणें, पतन विन्दु पर के लम्ब से बराबर कोण बनाती हैं। मान लो कि B M किरण परावर्तन से M F मार्ग ग्रहण कर लेती है तो कोण B M C=कोण C M F. परन्तु B M तथा A P समानान्तर हैं। इसलिए कोण B M C=कोण M C F।

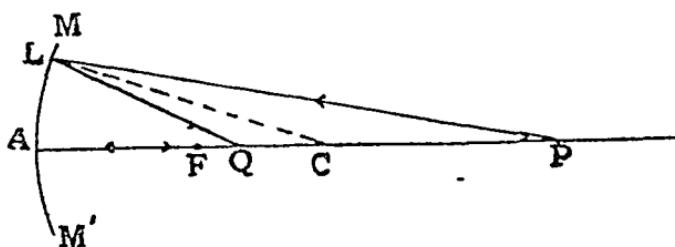
$\therefore \angle MCF = \angle CMF \quad \therefore CF = FM.$

परन्तु यदि दर्पण की मुँह छोटा हुआ तो

$$FM = FA \quad \therefore CF = FM = FA$$

अथवा F रेखा C A का मध्य बिन्दु है। यदि अक्ष पर कोई दीप्त विन्दु दर्पण से बहुत दूरी पर रखा जाय तो जो किरणें उससे आयेंगी वह समानान्तर होंगी अतएव परावर्तन के पश्चात् वह F पर एकत्रित हो जायेंगी। अर्थात् बहुत दूर के रखे हुए विन्दु का प्रतिविम्ब नाभि पर बनेगा।

अब मान लीजिये कि उक्त विन्दु P हम दर्पण की ओर लाते हैं और केन्द्र से कुछ दूर पर रखते हैं। इस विन्दु से चलने वाली अनेक किरणों में से दो किरणें P L तथा P A ले लीजिये।

L विन्दु पर लम्ब होगा C L (क्यों वृत्त के किसी विन्दु पर उस विन्दु में से निकलने वाला अर्धव्यास ही लम्ब होता है) अतएव परावर्तित होकर P L का मार्ग L Q होगा। इधर P A किरण दर्पण पर लम्ब रूप टकरायेगी, अतएव अपने ही मार्ग पर लौट आयगी अर्थात् P Q लौटेगी A Q होकर। L Q तथा A Q आकर मिलेंगी Q पर, अतएव Q को P का प्रतिविम्ब मानेंगे। यह प्रतिविम्ब F तथा C के मध्य में

चित्र ८०—नतोदर दर्पण से परावर्तन

होगा। यदि P को C की तरफ चलावे तो Q भी C की तरफ आयेगा। C पर जब P आ जायगा तो Q भी वहीं बनेगा। अर्थात् केन्द्र पर वस्तु और प्रतिविम्ब का सम्मिलन होगा।

अब यदि P को C तथा F के बीच में ले आवे तो Q लाँघ कर C की दूसरी तरफ चला जायगा। जब P चलकर F पर जा पहुँचेगा तो

Q दर्पण से बहुत दूर चला जायगा। P यदि F को पार कर जायगा तो प्रतिविम्ब दाहिनी ओर किसी स्थान पर न बनेगा अर्थात् किसी भी स्थान पर पर्दा रखकर उस पर दिखाया न जा सकेगा, वरन् दर्पण के भीतर (जैसा समतल दर्पणों मे होता है) दिखाई पड़ेगा। पहले तो प्रतिविम्ब सच्चा या वास्तविक था (Real) परन्तु अब काल्पनिक या अवास्तविक (Virtual) हो गया।

प्रतिविम्ब का स्थान

Position of the image

प्रतिविम्ब का स्थान निकालने के लिए नीचे बताई हुई किरणों मे से किन्हीं दो का उपयोग कर सकते हैं।

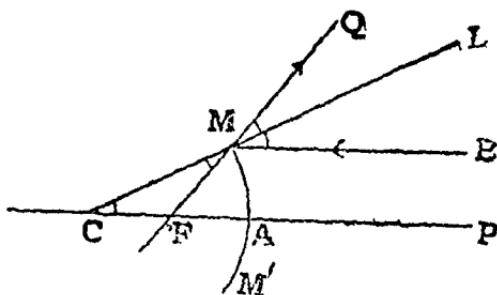
(१) किरण P A जो अक्ष के समानान्तर है परावर्तन के पश्चात् नाभि F मे होकर जायगी।

(२) किरण P C जो केन्द्र मे होकर दर्पण को जाती है, वह परावर्तन होने के पश्चात् अपने मार्ग से ही लौट आवेगी।

(३) किरण P F परावर्तित होकर अक्ष के समानान्तर होकर लौटेगी।

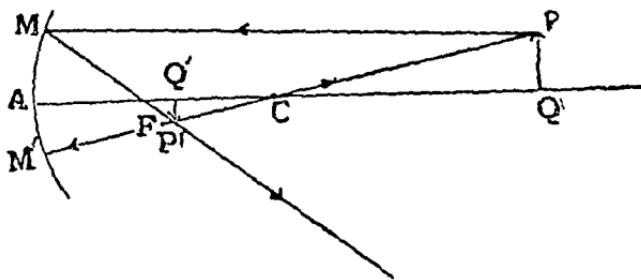
इन्हीं आपतित तथा परावर्तित किरणों से नीचे के चित्र खींचे गये हैं।

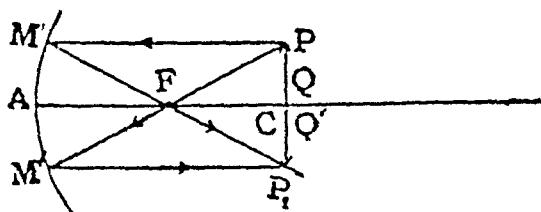
उन्नतोदर दर्पण (Convex Mirrors)

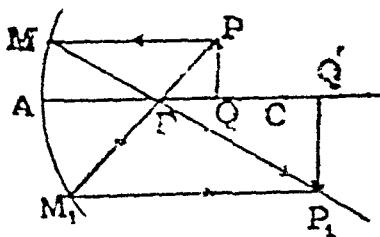
उन्नतोदर दर्पण के विषय मे भी वही सब बातें ठीक हैं जो नतोदर दर्पण मे बतायी गई हैं। केवल इतना अन्तर है कि उसकी नाभि तथा प्रतिविम्ब सदैव काल्पनिक हैं। प्रतिविम्ब नाभि और मध्य विन्दु के बीच में कहीं न कहीं दृष्टिगोचर होता है। जब दीप्त विन्दु अनन्त दूरी पर होता है तो प्रतिविम्ब F पर दिखाई देगा। जब दीप्त विंदु मध्य विन्दु के समीप होगा तो उसका प्रतिविम्ब भी वही दिखाई देगा।

चित्र ८१—उन्नतोदर दर्पण से परावर्तन

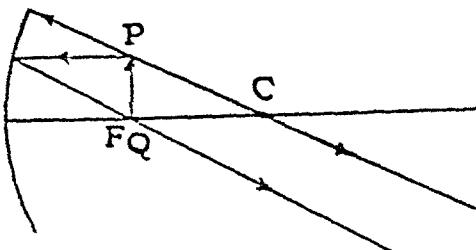
प्रतिबिम्ब का आकार नतोदर दर्पण में

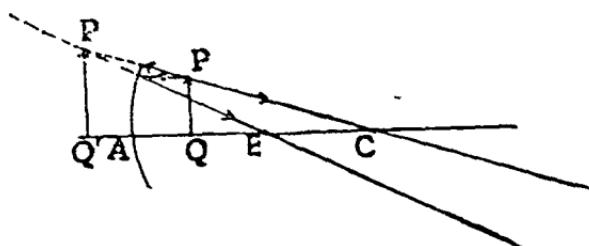
(१) जब दीप्त वस्तु अनन्त दूरी पर होती है तो प्रतिबिम्ब छोटे आकार का, वास्तविक तथा उल्टा नाभि पर बनता है।

(२) जब दीप्त वस्तु अनन्त से केन्द्र की तरफ चलती है तो प्रति-बिम्ब नाभि से केन्द्र की तरफ चलता है। उसका आकार निरन्तर बढता रहता है।

चित्र ८२

(३) केन्द्र पर दी० व० के पहुँचने पर प्रतिबिम्ब पूर्ववत उलटा, वास्तविक, पर समान आकार का बनता है।

चित्र ८३

(४) जब दी० व० केन्द्र से नाभि की ओर चलती है। तो प्रति-विम्ब उलटा, और वास्तविक होता है और उसका आकार निरन्तर बढ़ता जाता है।

चित्र ८४

(५) जब दी० व० नाभि पर पहुँच जाती है तो प्र० वि० बहुत बड़ा, उलटा और वास्तविक होता है और अनन्त पर बनता है।

चित्र ८५

(६) नाभि से जब दी० व० मध्य विन्दु की तरफ चलती है तो प्र० वि० काल्पनिक और खड़ा बनता है। वह अनन्त से म० वि० की तरफ चलता है।

चित्र ८६

(७) म० वि० पर दोनों समान हो जाते हैं।

उन्नतोदर दर्पण में प्रतिविम्ब का आकार

(१) प्रतिविम्ब सदैव वस्तु से छोटा, सीधा खड़ा और काल्पनिक होता है।

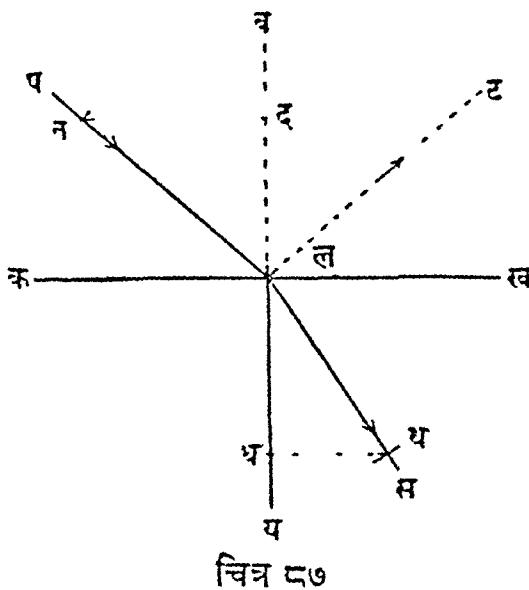
(२) जब दी० व० अनन्त दूरी पर होती है तो प्रतिविम्ब नाभि पर बनता है। आकार बहुत छोटा होता है।

(३) जब दी० व० अनन्त से दर्पण के मध्य विन्दु की ओर चलती है तो प्र० वि० भी नाभि से उसी की ओर चलता है।

(४) म० वि० पर दोनों आकार मिल जाते हैं। उनका आकार भी बराबर होता है।

सत्रहवाँ अध्याय

वर्तन

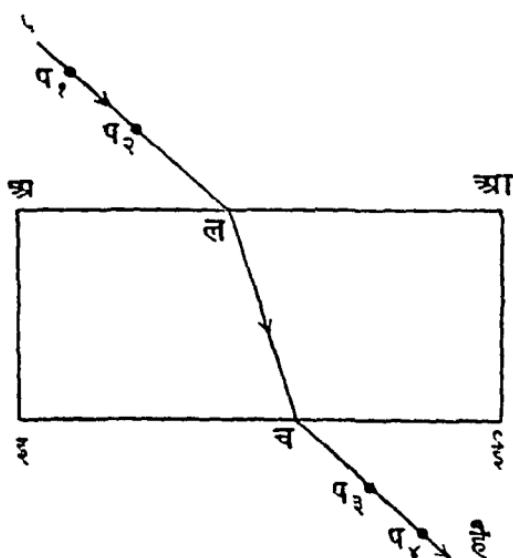
जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है तो दोनों माध्यमों को विभाजित करने वाले तल पर उसका मार्ग कुछ हट जाता है। मान लो कि क ख तल के ऊपर वायु और नीचे कांच है। वायु मे चलती हुई कोई किरण क ख से ल विन्दु पर टकराती है। इसका कुछ अश तो परावर्तित होकर वायु मे लौट पड़ता है और कुछ अंश कांच मे प्रवेश

चित्र ८७

करता है। ल पर ल व लम्ब खींचो, ल ट किरण परावर्तन का परिणाम है और वायु में ही लौट जाती है। ल स किरण कांच में प्रवेश करेगी। यह क्रिया वर्तन कहलाती है। ल स लम्ब की ओर प ल की अपेक्षा कुछ अधिक झुकी हुई है। कोण प ल व पतन कोण angle of incidence कहलाता है। कोण य ल स वर्तन कोण कहलाता है। यदि ल को केन्द्र

मान कर किसी भी अर्द्ध व्यास का कोई वृत्त खींचो। यह वृत्त प ल, ल स को त, थ विन्दुओं पर काटेगा। त, थ से दो लम्ब व य पर गिराओ। प्रयोगों द्वारा पता चलेगा कि $\frac{\text{त द}}{\text{थ ध}}$ का मान सदैव एक सा रहता है। जब जब वायु मे से प्रकाश का वर्तन कॉच मे होगा यह मान सदा एक सा रहेगा। इस मान को वर्तनीय सख्या कहते हैं।

यहाँ यह बतला देना परमावश्यक है कि काँच बहुत प्रकार के होते हैं। प्रत्येक प्रकार के काँच के लिए वर्तनीय सख्या भी जुदी होगी।

प्रयोग—अ आ इ ई एक काँच का आयताकार पटल है। इसको एक काग़ज़ के ऊपर किसी चित्र-पट्टी पर रख दो। प_1 प_2 दो पिन एक ओर गाड़ कर पटल की दूसरी ओर से इनको देखो। और प_3 प_4 दो पिन इस प्रकार गाड़ो कि प_3, के पीछे प_1, प_2 के प्रतिविम्ब छिप जायँ। और प_4 के पीछे यह तीनों भी छिप सकें।

चित्र ८८

प_1 प_2 आपतित किरण हैं, प_3 प_4 निर्गत किरण है। यह किरण

पटल से ल तथा च विन्दुओं पर मिलती है अर्थात् कॉच में ल पर प्रवेश करती है और च पर निकल आती है, अतएव कॉंच के भीतर प्रकाश का मार्ग ल च होना चाहिये। अतएव वर्तित किरण ल च हुई। अब पूर्ववत्त वृत्त खींच कर वर्तनीय संख्या निकाल लो। प१ प२ के स्थान बदल देने से प्रयोग कई बार करो और देखो कि वर्तनीय सख्या स्थिर (Constant) है।

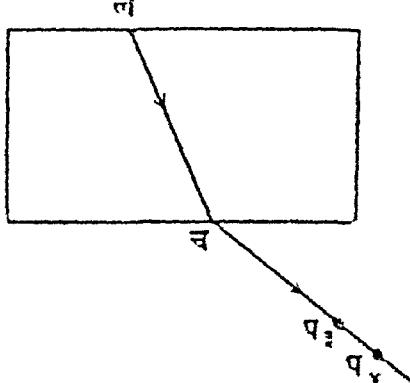
वर्तन के नियम

(१) जब एक माध्यम से दूसरे माध्यम मे प्रकाश प्रवेश करता है तो आपतित किरण, पतन विन्दु पर खींचा हुआ लम्ब तथा वर्तित किरण एक तल मे पाये जाते हैं।

(२) पतन कोण और वर्तन कोण की ज्याओं का सम्बन्ध स्थिर रहता है जब तक कि माध्यम वही रहते हैं। [किसी कोण की ज्या $=\frac{\text{लम्ब}}{\text{कर्ण}}$; उपर्युक्त प्रयोग मे कर्णों को बराबर कर दिया है। इसलिए लम्बों का अनुपात वही है जो कोणों के ज्याओं में होता]

प्रयोग—ऊपर का प्रयोग इस प्रकार भी किया जा सकता है अ आ से सटा कर एक पिन ल गाड़ दो। अब पटल की दूसरे तरफ से देख कर प३, प४ दो पिन गाड़ो जिसमें प३ के पीछे ल का प्रतिरूप छिप जाय और प४ के पीछे यह दोनों छिप जायँ।

चित्र ८६

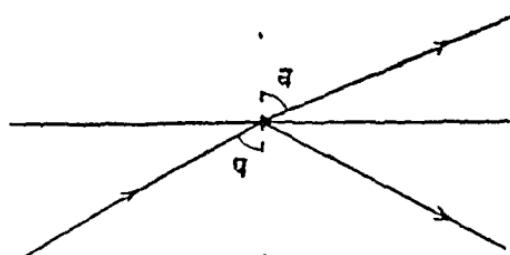
यहाँ ल च किरण कॉच में चल कर च विन्दु पर बाहर निकल आती है। इस बार किरण कॉंच से वायु मे आ रही है इस लिए च पर खींचे लम्ब से अधिक हट कर आयेगी। प्रकाश जब गुरुतर माध्यम में प्रवेश करता है तो लम्ब की ओर

उसका मार्ग झुक जाता है। जब गुरुतर माध्यम से हल्के माध्यम में प्रवेश करता है तो लम्ब से हट जाता है।

पहले वाले प्रयेाग से यह ज्ञात होगा कि प ल और च ह किरणें समानान्तर हैं। दोनो प्रयेागों से यह ज्ञात होगा कि वायु से कांँच मे वर्तन के लिए जेा वर्तनीय सख्या होती है वह कांँच से वायु में वर्तन की वर्तनीय सख्या से उलटी होगी। जैसे यदि पहली संख्या १·५ है तो दूसरी सख्या १/१·५ अथवा ६६ होगी।

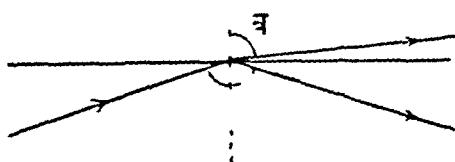
द्रवो की वर्तनीय संख्या

यदि एक खोखला कुण्ड अ आ इ ई मिल जाय तो उसमे भरकर द्रवों की वर्तनीय सख्या निकाल सकते हैं।

पूर्ण प्रति फलन या परावर्तन

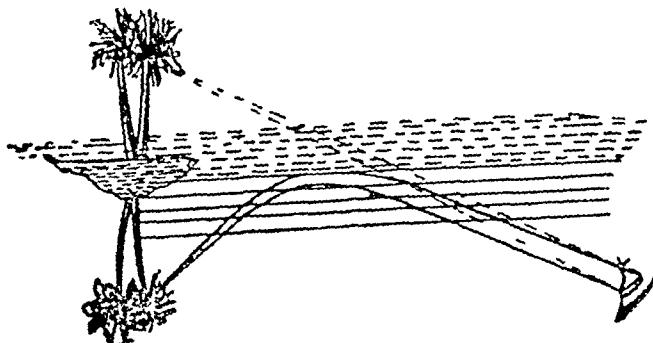
हम देख चुके हैं कि जब वायु में चलती हुई किरण कांँच तल पर पहुॅचती है तो अंशतः परावर्तित और अशतः वर्तित होती है। अतएव पूर्ण प्रति फलन न होगा। अब थेाडी देर के लिए अनुमान कर लीजिये

चित्र ६०

कि कांँच मे चलती हुई कोई किरण कांँच के तल तक पहुॅचती है। यहाँ भी अशतः प्रति फलन और अशतः वर्तन होगा। परन्तु ध्यान से देखिये पतन कोण प वर्तन कोण ब से छोटा है। यदि प को क्रमशः बढावे तो एक ऐसी स्थिति आ जायगी जिसमे ब प्रायः ९० अश का हेा जायगा। (चित्र ६१) यदि प का मान इससे तनिक भी बढ़ जायगा तो वर्तन

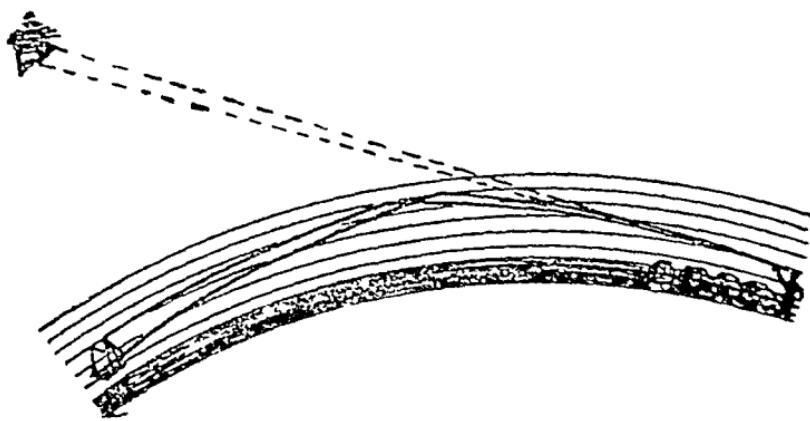
होना बन्द हो जायगा, केवल परावर्तन होगा। अस्तु व का यह मूल्य **निपुण कोण** (Critical angle) कहलाता है। यदि पतन कोण निपुण

चित्र ६१

कोण से कम हुआ तो वर्तन और परावर्तन दोनों होगे। यदि उससे अधिक हुआ तो केवल परावर्तन होगा। यह क्रिया पूर्ण परावर्तन कहलाती है। यह तभी सम्भव होती है जब प्रकाश किसी भारी माध्यम से हलके माध्यम में जा रहा हो।

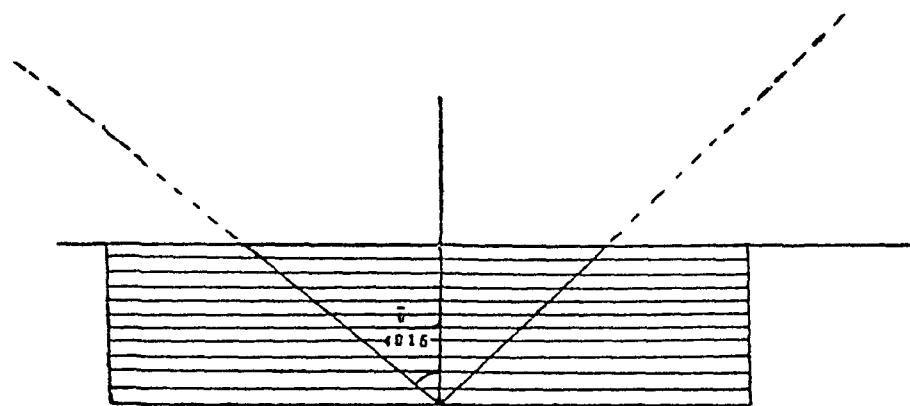
मृगतृष्णा (Mirage)

गरम रेतीले प्रदेशों मे दूरस्थ पिण्डों की अथवा आकाश की उल्टी तसवीरें धरातल के नीचे दिखाई पड़ने लगती हैं, जिनसे यह भ्रम हो जाता है कि कोई जलाशय है, जिसमें यह प्रतिविम्ब पड़ रहे हैं।

चित्र ९२—मृगतृष्णा

बात यह है कि गरम रेत के सपर्क से वायु उत्तप्त होकर हलकी हो जाती है, परन्तु ऊपर की वायु का घनत्व अधिक रहता है। वस्तुतः पृथ्वी

से ऊपर की ओर क्रमशः घनत्व कुछ दूर तक बढता जाता है। इस प्रकार वस्तुतः हमें बढते हुए घनत्व की हवा की तहें मिलती हैं। किसी दूरस्थ वृक्ष की चोटी से चलती हुई किरणे जब पृथ्वी की ओर अग्रसर होती हैं तो घने माध्यम से तरल तर माध्यम मे प्रवेश करती हैं। प्रत्येक तरलतर तह पर, स्तर पर, किरणे लम्ब से हट जाती हैं और अन्त में किसी ऐसे प्रस्तर पर पहुँचती हैं जहाँ पूर्ण प्रतिफलन हो जाता है। तब यह किरणे ऊपर की ओर मुड़कर दर्शक तक पहुँचती हैं और उसको वृक्ष का उलटा प्रतिबिम्ब पृथ्वी मे दिखाई पड़ता है। (देखो चित्र ९२)

चित्र ९३

वायुमण्डल में उलटे लटकते जहाज़

इससे उल्टी क्रिया ध्रुव प्रदेशों के शीत प्रधान देशों में होती है। वहाँ क्षितिज के नीचे स्थित जहाजों से आने वाली किरणे पृथ्वी से सलग्न घनी भूत वायु के प्रस्तरों मे चलकर ऊपर के तरलतर प्रस्तरों में प्रवेश करती हैं। किसी प्रस्तर विशेष पर पहुँच कर उनका पूर्ण प्रतिफलन होता है और दर्शक को जहाज़ वायुमण्डल मे उलटा टगा दिखाई पड़ता है।

चित्र ६४

विश्व ९६° की सूची में बंद

यदि कोई मनुष्य पानी मे डुबकी लगाकर ऊपर को आँखे करके खोले तो जल के तल पर स्थित पिंड उसको वायु मे स्थिति दिखाई पड़ेंगे। यह सब एक सूची के अन्दर बद होंगे जिसका कोण ९६° ३०′ होगा, क्योंकि पानी का निपुण कोण (Critical angle) ४८° १५′ है।

टूटे काँच की चमक

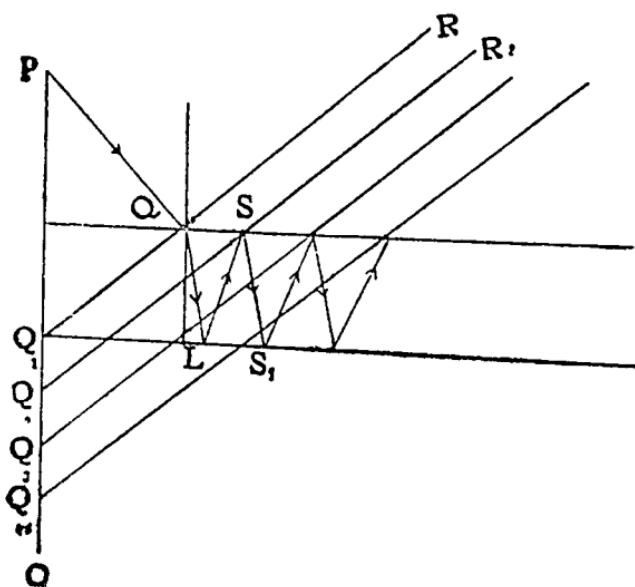
किसी खिड़की के काँच मे यदि कोई दरार हो तो वह भी पूर्ण प्रति फलन से बड़ी चमकदार दिखाई पड़ेगी।

सायंकाल या प्रातः काल के समय इसी प्रकार खिड़कियों में लगे काँच बड़े चमकीले दिखाई पड़ते हैं।

हीरे की चमक दमक

हीरे की चमक दमक भी उसके तराशे जाने की चतुराई पर नि ेर है। उसका ऊपरी भाग काटकर उसमें ऐसे पहलू बनाये जाते हैं कि भीतर ही भीतर पूर्ण प्रति फलन हो और वह ज्योतिर्मय दिखाई पड़े। हीरे का निपुण कोण भी बहुत छोटा होता है, जिससे इस कार्य मे बड़ी सहायता मिलती है।

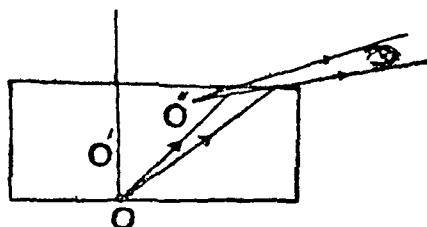
मोटे दर्पण में प्रतिविंब

मोटे काँच के दर्पणों मे परावर्तन पिछले तल से होता है। अतएव अनेक प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ते हैं, जैसा चित्र ६५ मे दिखाया है। इनमे से दूसरा प्रतिबिंब अधिक प्रकाशमय दीखता है।

चित्र ६५—मोटे दर्पण में परावर्तन

P Q आपतित किरण है। Q पर पहुँचने पर इसमे से कुछ प्रकाश प्रतिफलन द्वारा Q R दिशा मे जाता है। और Q_1 से आता दिखाई देता है। अधिकाश प्रकाश काँच मे प्रवेश कर L पर से प्रतिफलित होता है और S पर पहुँच कर कुछ तो भीतर ही SS_1 मार्ग पर लौट जाता है और अधिकाश S R_1 मार्ग से बाहर निकल कर Q_2 से आता दिखाई पड़ता है। अतएव Q_2 बड़ा चमकीला प्रतिविंब होगा। अन्य प्रतिविंब Q_3, Q_4 आदि स्थानों पर दिखाई पड़ेगे।

मोटे काँच में प्रति फलन

इस दशा मे पहला प्रतिविब ही चमकदार होगा। दूसरा धुधला।

अधिक प्रति बिंब न दीखेंगे। परन्तु मोटे दर्पण में ५ या ६ प्रति बिंब सहज ही दिखाई दे जाते हैं।

चित्र ६६

पानी में डूबी हुई चीज़ उठी हुई दिखाई देगी

यदि O पानी मे डूबा है तो उससे चलने वाली किरणें पानी के बाहर आकर लम्ब से अलग हट जायँगी और O′ से आती दिखाई पड़ेंगी। अतएव O उठी हुई मालूम होगी। यही कारण है कि किसी छड़ी को पानी मे तिरछा करके अंशतः डुबोएँ तो डूबा हुआ भाग ऊपरी भाग से टूट कर ऊपर को मुड़ा दिखाई देगा।

अठारहवाँ अध्याय

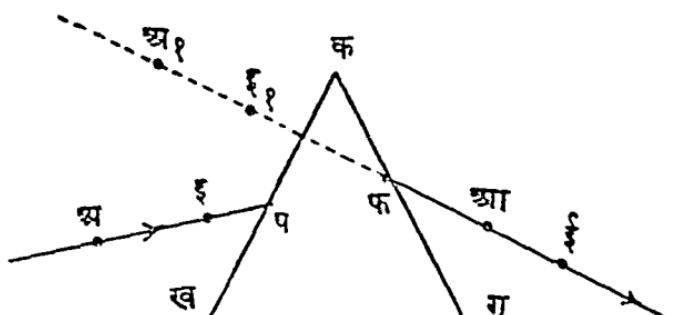
तिपहल, वर्ण विच्छेद और रंग

प्रयोग—कखग काँच का एक तिपहल किसी ड्राइंग बोर्ड पर इस प्रकार रखो कि तीनों तल ऊर्ध्व स्थिति मे रहे। तब अइ दो आलपीन उसकी एक तरफ गाड़ कर दूसरे पार्श्व कग से उनके प्रतिबिम्ब देखो। पता चलेगा कि खग तल के पास आँख रखकर क की तरफ देखने से प्रतिबिंब दिखाई पड़ते हैं। आ ई दो आलपीन गाड़कर निकलने वाली, निर्गत, किरण का मार्ग निर्धारित कर लो। क ख ग की सीमा का भी उल्लेख करके तिपहल को हटा दो। अइ किरण कख तल पर प विंदु पर मिलती है और फ विन्दु पर निकल कर आ ई दिशा मे चलती है। अतएव काँच के भीतर पफ मार्ग का अनुसरण करती है।

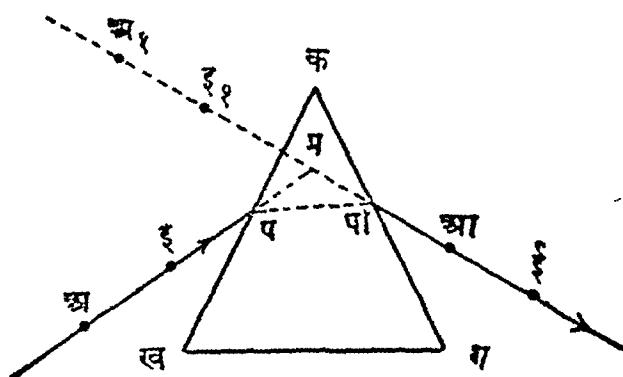
अतएव अइ—आपतित किरण है।

पफ—वर्तित किरण है।

आ ई—निर्गत " "

चित्र ९७

स्पष्ट है कि अ तथा इ के प्रतिबिंब $अ_1$ $इ_1$ रेखा पर दिखाई पड़ते हैं। अइ तथा आ ई के बीच का कोण (Deviation) हटाव कहलाता है।

प्रयोग—अब तिपहल को पूर्ववत रखकर उसे इस प्रकार घुमाओ कि क किनारा दाहिनी ओर सरके। साथ ही साथ आ ई रेखा पर आँख रखकर अ$_{1}$ इ$_{1}$ की ओर देखते रहो। ज्ञात होगा कि ज्यों ज्यों तिपहल घुमाया जा रहा है त्यों त्यों अ$_{1}$ इ$_{1}$ भी दहनी तरफ चल रहे हैं और कुछ दूर तक दिखाई देकर दृष्टि के बाहर चले जाते हैं।

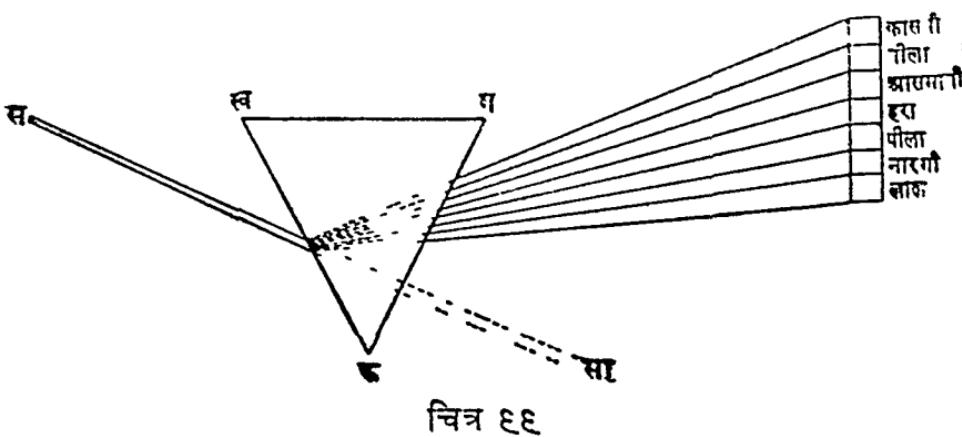
अब तिपहल के किनारे क को बाईं तरफ घुमाओ। अ$_{1}$ इ$_{1}$ फिर दृष्टि गोचर होंगे और बाईं तरफ चलेंगे। क के घुमाते रहने पर कुछ समय तक अ$_{1}$ इ$_{1}$ उतर कर अ इ की तरफ चलते हैं, तदनन्तर फिर ऊपर चढ़ने लगते हैं। जहाँ पर यह अपनी गति की दिशा बदले उस स्थान को सावधानी से जाँच लो और इस स्थान की निर्गत रेखा का मार्ग अंकित करलो। इस स्थान पर हटाव न्यूनतम होता है। अतएव यह न्यूनतम हटाव की स्थिति (Position of minimum deviation) कहलाती है।

चित्र ६८

जब क दहिनी तरफ घुमाया जा रहा था, हटाव बढ़ता जाता था—यहाँ तक कि इतना ज्यादा होगया कि प्रतिबिंब दिखाई न पड़ते थे। जब क बाईं ओर घुमाया गया तो हटाव कम होते होते न्यूनतम हो गया और तदनन्तर बढ़ने लगा।

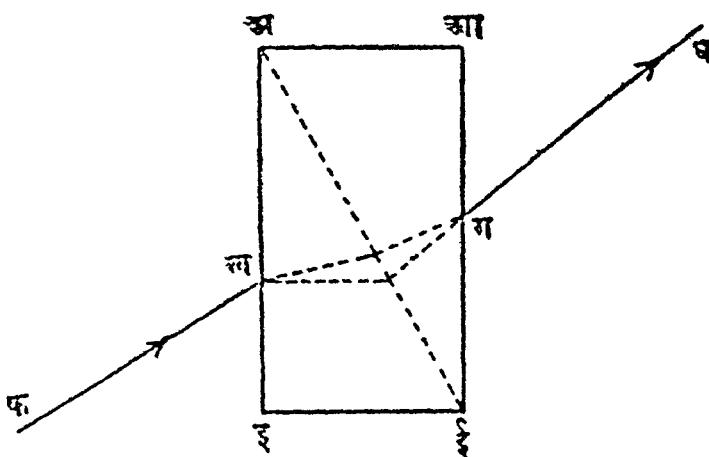
१—न्यूनतम हटाव की स्थिति मे अइ तथा आ ई (आपतित तथा निर्गत) किरणे कख तथा कग तलों से बराबर कोण बनाती हैं। अर्थात् इन तलों की तरफ दोनों का झुकाव बराबर रहता है।

२—अइ रेखा भी आधार खग की तरफ झुकी है और निर्गत रेखा भी। अर्थात् तिपहल के मोटे भाग की ओर दोनों का झुकाव होता है।

प्रयोग—मान लो कि किसी अँधेरे कमरे मे कोई प्रकाश की किरण अइ दिशा मे स (सूर्य) से आ रही है और फर्श पर पड़ कर सूर्य का प्रतिबिंब सा बना रही है। यदि किरण को तिपहल के पार्श्व कख पर गिरने दिया जावे और निर्गत किरण आ ई को किसी सफेद दफती या दीवार पर डाला जाय तो उस दफती पर सात रंग का एक रगीन रश्मिचित्र बन जायगा। इस रगीन चित्र मे सब से कम हटा हुआ लाल रंग होगा और सबसे अधिक हटा हुआ कासनी रग। इन दोनो के बीच मे पाँच रंग क्रमशः नारंगी, पीला, हरा, आसमानी, और नीला मिलेंगे।

चित्र ६६

यह सूर्य के प्रकाश के सात घटक हैं। इनको प्राचीन काल में सूर्य के साथ घोडे अथवा अग्निदेव के सात सर मानते थे।

इन सात रंगों में से मुख्य (Primary) रंग तीन हैं—लाल, पीला और नीला, जिनके मिश्रण से अन्य रंग बन जाते हैं। जब सूर्य का प्रकाश

पदार्थों पर पड़ता है तो सभी रंग उस पर गिरते हैं, परन्तु भिन्न भिन्न मात्राओं में उनका शोषण तथा प्रतिफलन या परावर्तन होता है। जो पदार्थ लाल दिखलाई पड़ता है वह लाल रंग को छोड़ और सब रंग सोख लेता है। अतएव पदार्थों का रंग उन रंगों के अनुसार होता है जिनको वह सोखते नहीं, वरन् प्रति फलन कर देते हैं। सफेद पदार्थ सब रंगों को लौटा देते हैं और काले सब रंगों को सोख लेते हैं। अतएव सफेद त्याग का द्योतक है।

चित्र १००

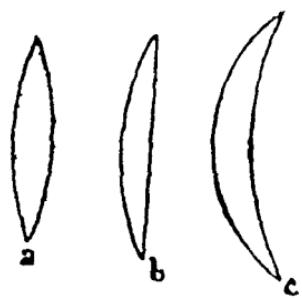
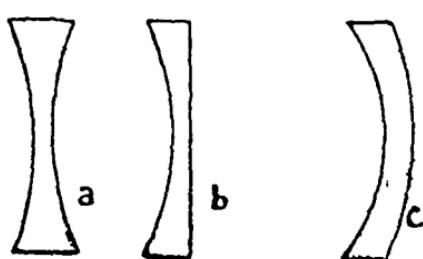
कांच के चौकोर टुकड़े में से जब किरणे निकलती हैं तो भी वर्ण विश्लेषण हो जाता है। परन्तु जितना विश्लेषण पहले आधे भाग में होता है उतना संश्लेषण दूसरे आधे मे हो जाता है, परिणाम यह होता है कि कोई रंग नहीं दिखाई पड़ते। केवल उसके द्वारा देखने पर वस्तुएँ कुछ हटी सी प्रतीत होती है।

उन्नीसवाँ अध्याय

ताल (Lens), दूर दर्शक तथा अनुवीक्षण यंत्र

(Telescope and Microscope)

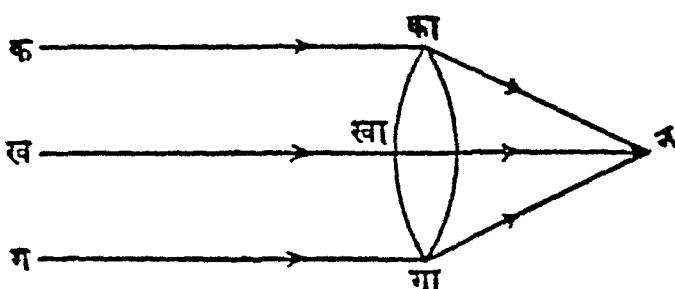
यदि काँच खण्ड के दोनों अथवा एक पार्श्व वर्तुलाकार अथवा गोलाकार हों तो वह लेंस अथवा ताल कहलाता है। ताल छः प्रकार के होते हैं जिनकी आकृतियाँ चित्र १०१ तथा १०२ में दिखलाई गई हैं।

पहले तीन उन्नतोदर हैं अर्थात् बीच में मोटे हैं और सिरों पर से पतले। पिछले तीन नतोदर हैं अर्थात् बीच में से पतले और किनारों पर मोटे। एक अथवा दो तलों के नतोदर अथवा उन्नतोदर होने से, इनमें होकर निकलने वाली किरणों के वर्तन में बड़ा परिवर्तन तथा चमत्कार उत्पन्न हो जाता है और यह अनेक कामों में आने लगते हैं।

चित्र १०१—उन्नतोदर ताल   चित्र १०२—नतोदर ताल

जिन युवकों की दृष्टि दुर्बल होती है वह प्रायः नतोदर तालों के चश्मे काम में लाते हैं। बूढ़े आदिमी उन्नतोदर ताल के ऐनकों का उपयोग करते हैं। आतिशी काँच, तथा बृहत् प्रदर्शक काँच (Magnifying glass) उन्नतोदर ताल ही होते हैं।

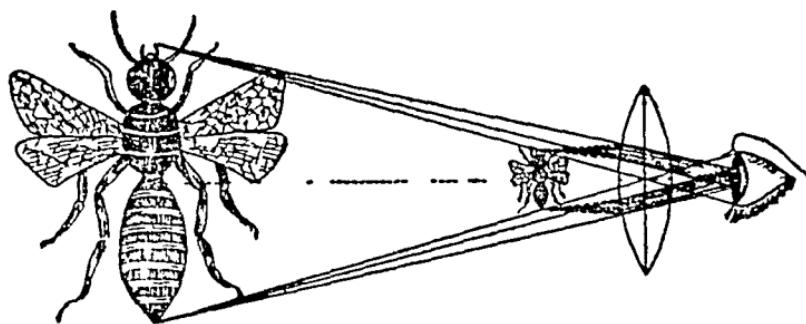
ताल की नाभि

किसी उन्नतोदर ताल को धूप में इस प्रकार थामो कि उसके एक पार्श्व पर प्रकाश किरणें लम्बतः गिरें और उसके दूसरी तरफ काला कपड़ा रखकर ताल की स्थिति इस प्रकार संभालो कि काले कपड़े पर सब से छोटा सूर्य का प्रतिबिम्ब बने। इस विन्दु को ताल की नाभि (Focus) कहते हैं। नाभि की जो ताल से दूरी होती है उसे (Focal length) नाभ्यन्तर कहते हैं। थोड़ी देर में कपड़ा जल उठेगा, यदि न जलेगा तो उक्त स्थान बहुत गरम हो जायगा। (देखो चित्र ६२)

यदि छाया में ताल को खड़ा कर दें तो ताल के एक तरफ जो वस्तुएँ दूर पर रखी होंगी उनका चित्र ताल की दूसरी तरफ बन जायगा। जिस स्थान पर एक दफ्ती रखने से दूर की चीज़ों का चित्र साफ साफ बन जाय, वही स्थान ताल की नाभि है।

चित्र १०३

अंधेरी कोठरी में ताल से तीन चार गज पर मोमबत्ती रखने से, उसका उलटा चित्र ताल की नाभि पर दूसरी ओर बनेगा। यह प्रयोग कर नाभ्यन्तर नाप लो। तदनन्तर मोमबत्ती को ताल की तरफ सरकाओ तो चित्र ताल से दूर हटेगा। ज्यों ज्यों बत्ती पास लाई जायगी, प्रतिबिंब हटता जायगा। जब बत्ती ताल से नाभ्यन्तर से दुगनी दूरी पर होगी, प्रतिबिंब भी उतनी ही दूरी पर होगा। वह पूर्ववत उलटा बनेगा पर आकार में बढ़ कर बत्ती के बराबर का होगा।

जब बत्ती और पास लाई जायगी तो प्रतिबिम्ब और दूर हट जायगा यहाँ तक कि जब बत्ती नाभ्यन्तर भर दूरी पर होगी तो प्रतिबिंब दूर की दीवार पर स्पष्ट दिखाई देगा। अब भी यह उलटा ही बनेगा परन्तु होगा बहुत बड़ा।

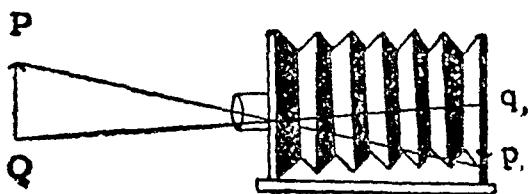
अब यदि बत्ती ताल से नाभ्यन्तर से भी अधिक पास लाई जायगी। तो प्रतिबिंब दूसरी ओर न बनेगा, वरन् ताल की दूसरी ओर से देखने पर उसी ओर दिखाई देगा जिधर बत्ती रखी है।

चित्र १०४

यह प्रतिबिम्ब सीधा, खड़ा, बड़ा और अवास्तविक (Vntual) होगा।

इस समय यह ताल (Magnifying glass) का काम दे रहा है। इस ताल को किसी पुस्तक पर रखकर क्रमशः उठाइये। अक्षर अब बड़े दिखाई पड़ेंगे।

उन्नतोदर ताल का प्रयोग

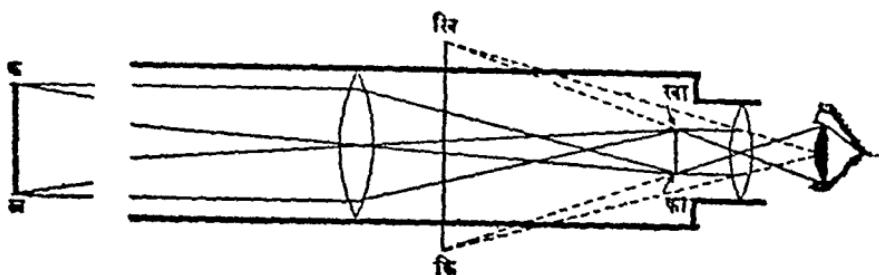
जिस प्रकार ऊपर बतला चुके हैं कि एक ओर कोई वस्तु रखकर उसका उलटा प्रतिविम्ब ताल की दूसरी तरफ बना सकते हैं, उसी प्रकार यदि छोटा सा बक्स लेकर उसके एक पार्श्व में छेद करके ताल लगा दे तो बाहर की वस्तुओं के चित्र उसकी पीछे की दीवाल पर बना सकते हैं। यह सिद्धान्त (fixed focus) केमरो का है जो प्रायः १० या १२ फुट से अधिक दूरी पर रखी वस्तुओं का फोटो उतारने मे काम आते हैं और (Box Camera)

बक्स केमरा कहलाते हैं। लेन्स की पिछली वाली दीवार पर प्लेट लगा रहता है, जिस पर लगे हुए मसाले पर प्रतिबिम्ब बनता है और उसमें रासायनिक परिवर्तन कर देता है। इन्हीं परिवर्तनो को अधिक तीव्र करने की विधि (Developing) कहलाती है। तदनन्तर अपरिवर्तित मसाले को हैपो मे डालकर अलग कर देते हैं (Fixing)। पानी से अच्छी तरह धोकर, सुखाकर, नैगेटिव तैयार हो जाता है। इसी नैगेटिव से मसालेदार कागज पर चित्र छापते हैं। बाक्स केमरे की लम्बाई ताल के नाभ्यन्तर के तुल्य होती है।

चित्र १०५

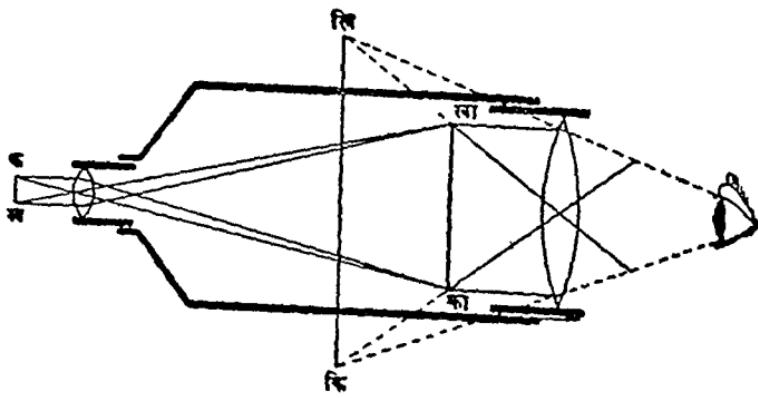
जहाँ यह अभीष्ट होता है कि भिन्न भिन्न दूरी पर स्थित वस्तुओं के चित्र बनावे तो उक्त बक्स की दाईं बाईं दीवारें चमड़े की बना लेते हैं। जिसमे ताल और पिछले भाग की दूरी घटा बढ़ा सकें; इसी चमड़े को बेलोज़ कहते हैं। पिछली दीवार पर एक चौकठे में (Ground glass) घिसा हुआ कॉच का परदा (Screen) लगा देते हैं, जिस पर उलटा चित्र बनता है। ताल और परदे की दूरी घटाने बढ़ाने के लिए पेच तथा दाँतेदार पट्टी का (Rack & Pinion) प्रयेाग करते हैं।

अच्छे केमरों के लेंस बहुमूल्य होते हैं। उनमे फोटो की नोक पलक ठीक लाने के लिए एक ताल का ही प्रयेाग नहीं होता वरन् कई ताल (और वह भी बड़ी दक्षता और शुद्धता से बनाये होते हैं) काम में आते हैं।

दूरदर्शक यंत्र (Telescope)

इस यंत्र मे भी दो ताल काम में लाये जाते हैं। एक ताल दर्शनीय

चित्र १०६—दूरदर्शक यंत्र

क ख दूरस्थ वस्तु है, जिस का वास्तविक प्रतिबिम्ब खाका वस्तुताल द्वारा बनता है। इस प्रतिबिम्ब का परिवर्द्धित अवास्तविक प्रतिबिम्ब खिकि चक्षुताल बनाता है

वस्तु की तरफ रहता है। इसे वस्तु ताल (Objective) कहते हैं। दूसरा ताल आँख के पास रहता है, जिसे चक्षुताल कहते हैं (Eyepiece)। पहले ताल का नाभ्यन्तर बड़ा होता है। यह दूरस्थ वस्तु का एक उलटा चित्र चक्षुताल और उसकी नाभि के बीच में बनाता है, जिससे एक पर्वद्धित प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ता है। पहला प्रतिबिम्ब वास्तविक परन्तु दूसरा काल्पनिक होता है।

चित्र १०७—अणुवीक्षण यत्र

क ख वस्तु का वास्तविक चित्र काखा पर वस्तुताल बनाता है। चक्षुताल इसको बड़ा करके खिकि स्थान पर दिखाता है।

अणुवीक्षण यंत्र (Microscope)

इस यंत्र मे वस्तुताल और चक्षु ताल दोनो छोटे नाभ्यन्तर के होते हैं। वस्तु के आकार के बढ़ाने मे दोनो ताल सहायता देते हैं।

फोटो उतारना

पहले केमरे को स्टेण्ड पर रख कर उसके स्क्रीन (Ground glass Screen) पर साफ चित्र बना लेते हैं। बेलोज़ को घटा बढ़ा कर लेन्स को स्क्रीन से ऐसी दूरी पर रखते हैं कि साफ चित्र बन जाय। तदनन्तर लेन्स का मुँह कागज की बनी टोपी से ढककर, स्क्रीन के स्थान पर डार्क स्लैड (Dark slide) जो छोटा सा बक्स होता है और जिसमें प्लेट बन्द रहती है लगा कर उसका परदा खीच लेते हैं। तब लेन्स की टोपी १ सेकण्ड के लिए हटा कर फिर यथावत लगा देते हैं। स्लैड का परदा लगाकर प्लेट को (Dark room) अन्धकारमय कमरे मे ले जाकर डेवेलप आदि कर लेते हैं जैसा कि ऊपर बतला चुके हैं।

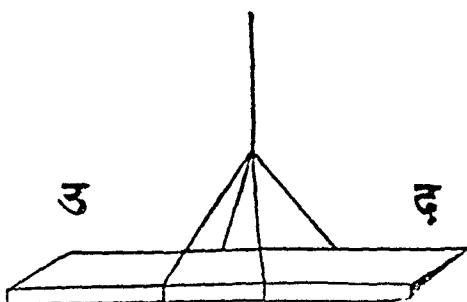
बीसवाँ अध्याय

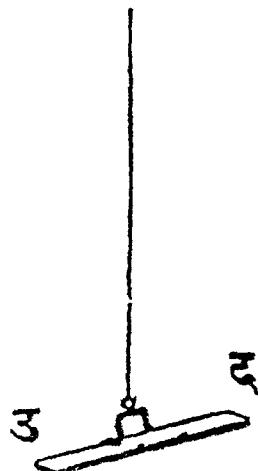
चुम्बकत्व

प्राचीन समय में एशिया माइनर (Asia Minor) देशान्तर्गत मग्नीसिया (Magnesia) प्रान्त मे लौह खनिज के कुछ ऐसे टुकड़े मिला करते थे कि जो लोहे के छोटे छोटे टुकड़ों के अपनी ओर खींचने की शक्ति रखते थे। इन पिण्डों को प्रान्त के नाम से मेगनेट अथवा मकनातीस कहने लगे। इन टुकड़ों का यह स्वभाव था कि जब किसी डोरे से इन्हें लटका देते थे तो इनका एक सिरा उत्तर की ओर दूसरा दक्षिण की ओर हो जाता था।

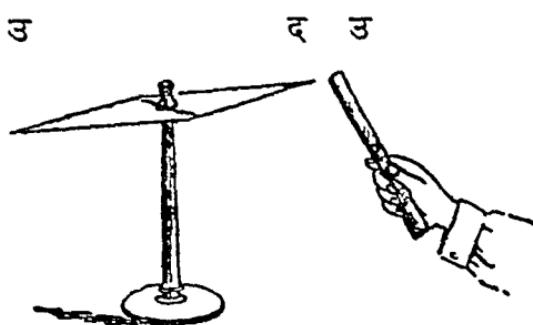
चित्र १०८—प्राकृतिक चुम्बक

जब उत्तर की तरफ सूचित करने वाले सिरों पर निशान लगाकर बारबार परीक्षा की गई तो पता चला कि वही सिरा सदैव उत्तर की ओर रहता है। डोरे को अथवा चुम्बक को घुमा देने पर भी जब साम्यावस्था प्राप्त होती है तो उत्तर की ओर ही निशान लगा हुआ छोर संकेत करता है। इसलिए इस सिरे अथवा छोर को (Marked end or North Seeking pole) अथवा (North pole) उत्तरीय केन्द्र कहते हैं। अतएव स्पष्ट है कि चुम्बक दिक् सूचक का भी काम दे सकता है। इसलिए

इनको लोडस्टोन (Lodestone) या लीडिङ्ग स्टोन (Leading Stone) पथ प्रदर्शक भी कहते थे।

चित्र १०९—डोरे के फदे में लटका हुआ चुंबका

प्रयोग—एक कागज के टुकड़े को दुहरा कर डोरे से लटका दो। उसमें एक चौकोर चुम्बक रख दो। देखोगे कि वह जब ठहरेगा तो उसका एक छोर उत्तर की तरफ और दूसरा दक्षिण की ओर होगा। उत्तरीय केन्द्र पर पेंसिल या रेती से निशान लगा दो।

चित्र ११०—पीतल के आँकड़े में लटका हुआ चुंबक

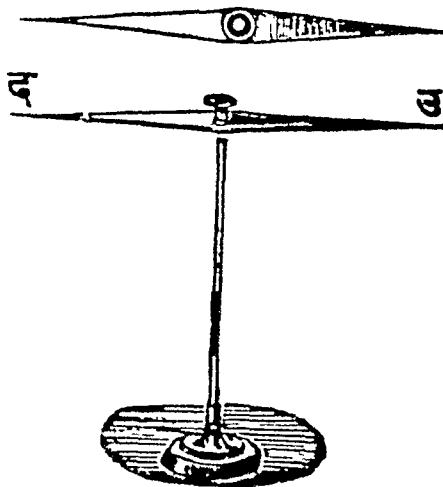
प्रयोग—एक दूसरा चुम्बक लेकर उसके उत्तरीय केन्द्र पर भी पूर्ववत निशान लगा लो। अब इस चुम्बक के उ० के० को पहले चुम्बक के उ०

के० के पास लाओ। देखोगे कि वह दूर हटने का प्रयत्न करता है और पीछे हटने लगता है। अब इसी प्रकार लटके हुए चुम्बक के दक्षिणी केन्द्र के पास हाथ के चुम्बक उ० के० को ले जाओ। देखोगे कि वह इसकी ओर खिंच आता है। इसलिए

चित्र १११

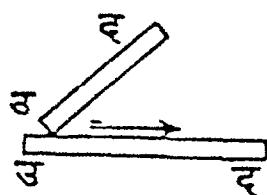
(१) समान चुम्बकीय केन्द्र परस्पर निराकरण करते हैं।
(२) असमान चुम्बकीय केन्द्र परस्पर आकर्षण करते हैं।

दिक् सूचक अथवा कुतुबनुमा

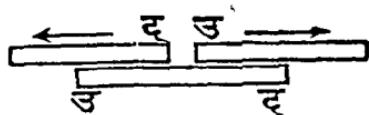
(Magnetic Compass)

हलका चुम्बक हो तो बजाय लटकाने के उसे चूल पर भी रख सकते हैं। चुम्बक के बीच में छेद करके उसमें एक छोटा सा प्याला लगा देते हैं। इस प्याले की भीत पीतल की परन्तु पैंदा शीशे अथवा एगेट पत्थर का होता है। इस प्याले को किसी नोकदार कीली पर औंधा देते हैं। चुम्बक क्षितिज धरातल में घूम सकता है। ऐसे छोटे छोटे चुम्बक दिक् सूचक के नाम से बाजार में बिकते हैं।

चित्र ११२

चुम्बकी करण

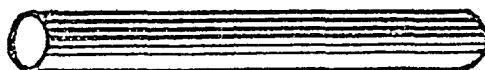
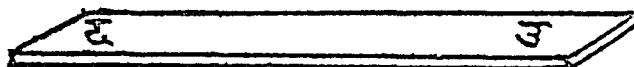
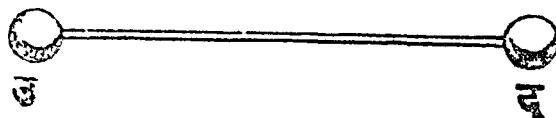
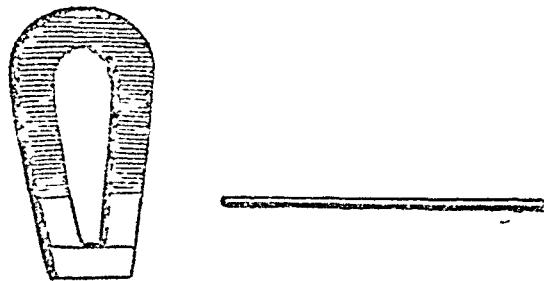
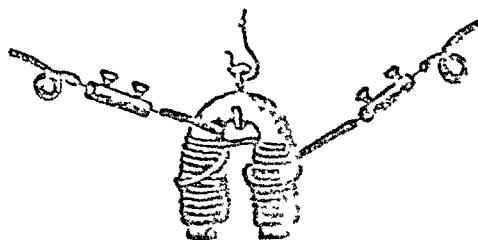
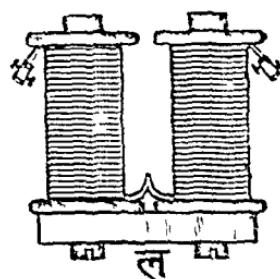
एक इस्पात की चैाकेार पटरी लेकर मेज पर रखेा। उसके एक पृष्ठ पर किसी चुम्बक का उ० के० लाकर रखो और उसे पटरी पर खींच कर दूसरे सिरे तक ले जाओ। तदनन्तर उठा कर पहले सिरे पर लाओ। यह क्रिया दस पन्द्रह बार करने से इसपात की पटरी भी चुम्बक हो जायगी। जिस सिरे से रगड़ना आरम्भ किया था वह उ० केन्द्र और दूसरा सिरा द० केन्द्र बनेगा। परीक्षा करके देख लो।

चित्र ११३—चुंबकीकरण (१)

चुम्बक बनाने की एक और विधि है कि पटरी के मध्य में दो चुम्बकों के भिन्न केन्द्र (एक का उ० के० और दूसरे का द० केन्द्र)

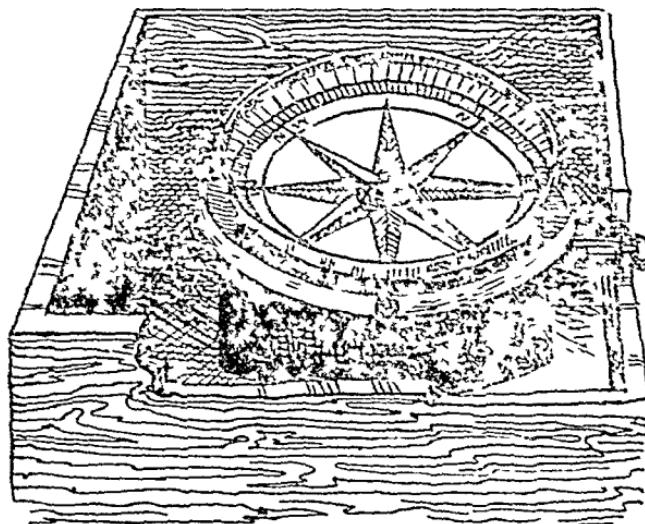
सटा कर रखो। तदनन्तर उनको विपरीत दिशाओं में खींचकर छोरों तक ले जाओ। फिर वहाँ से उठाकर बीच मे ला रखो। कई बार इसी प्रकार करने से चुम्बक बन जायगा। पटरी का एक सिरा उ० के० होगा और दूसरा द० के०।

चित्र ११४—चुम्बकीकरण (२)

चुम्बकों की आकृति

प्रयोग शाला मे प्रयुक्त चुम्बको के कई आकार होते हैं। साधारणतः चौकोर (आयताकार) चुम्बक काम मे लाते हैं, परन्तु बेलनाकार चुम्बक (Cylindrical), बनेटी चुम्बक (Ball ended), नाल चुम्बक (Horse Shoe magnets) भी काम आते हैं। बनेटी चुम्बक की विशेषता यह होती है कि उसके केन्द्र ठीक स्थानों पर गेंदों के केन्द्रों पर होते हैं। बोझा उठाने के लिए नाल चुम्बक काम मे लाते हैं।

बडे शक्ति शाली चुम्बक जो मनो बोझ उठा लेते हैं नाल के आकार के होते हैं परन्तु उनकी चुम्बकीय शक्ति विद्युत् धारा से उत्पन्न की जाती है। नाल के प्रत्येक छोर पर बिजली का तार लपेट दिया जाता है पर यह ध्यान रखते हैं कि विद्युद् धारा की दिशा दोनों छोरों मे विपरीत हो। यदि एक छोर के चारों ओर बिजली घडी की दिशा मे चलती हो तो दूसरे ओर के चारों ओर विरुद्ध दिशा मे चक्कर लगाती रहे, जिसमें एक सिरा उ० के० और दूसरा द० के० बन जावे। नाल कच्चे लोहे का बनाते हैं। ऐसे चुम्बकों को विद्युद् चुम्बक कहते हैं (Electromagnets)। लबे बुनने की सुई के आकार के चुम्बक Solenoidal magnet कहलाते हैं। इनकी लबाई मोटाई से ४० गुनी होनी चाहिये। इनके केन्द्र (Poles) सिरों पर रहते हैं।

चित्र ११५—बेलनाकार चुम्बक

चित्र ११६—चौकोर चुम्बक

चित्र ११७—बनैटी चुम्बक

चित्र ११८—नाल चुम्बक। चित्र ११९—सुईनुमा चुम्बक

चित्र १२०—विद्युच्चुम्बक (१)

चित्र १२१—विद्युच्चुम्बक (२)

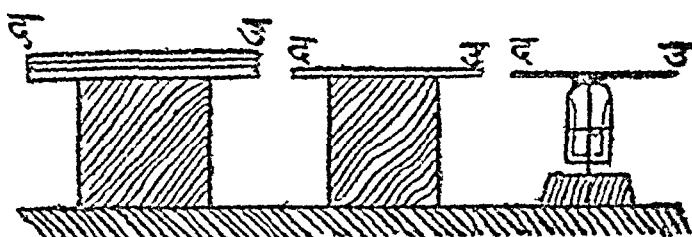
जहाजी दिक्सूचक

जहाजों के झोकों से चुम्बक विचलित न हों, इस उद्देश्य से दिक्-सूचक दोहरे झूलों मे लटकाये रहते हैं। इन झूलों के झोटे लवरूप दिशाओं मे होते हैं। अतएव जहाज के झोकों का प्रभाव बीच के दिक्-सूचक तक नही पहुँचता। क्योंकि झूले सदैव सीधे ही लटके रहने की चेष्टा करते रहते हैं।

चित्र १२२

कच्चे लोहे का स्वभाव

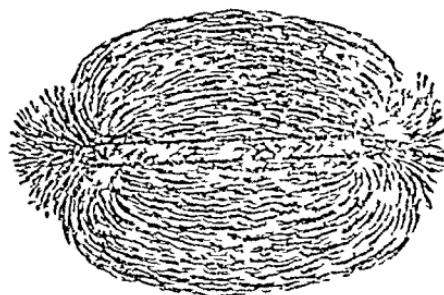
चुम्बक बनाने के लिए इस्पात की छड़ ली जाती है, विशेषत

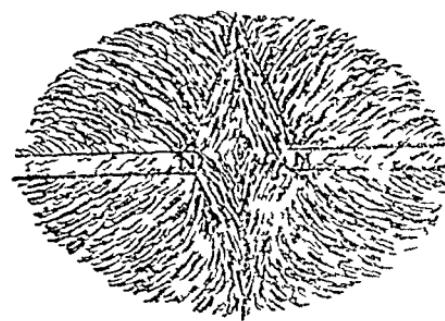
टंग्स्टन धातु मिश्रित इस्पात की। यदि कच्चे लोहे की छड़ लें तो वह बड़ी शीघ्रता से चुम्बक बन जायगी, परन्तु उसका चुम्बकत्व नष्ट भी उतनी ही जल्दी हो जायगा। एक चुम्बक के उ० केन्द्र से एक छोटी सी कील स्पर्श कराओ वह उससे चिपट जायगी। इस कील के निचले सिरे से दूसरी कील चिपटाई जा सकती है। इस प्रकार कई कीलों की शृङ्खला बनाई जा सकती है। परन्तु चुम्बक को पहली कील से अलग कर दें तो सब कीलें अलग हो जायँगी और गिर जायँगी। स्पष्ट है कि नरम लोहा चुम्बक के स्पर्श से चुम्बक बन जाता है, परन्तु चुम्बक के हटते ही उसका चुम्बकत्व गायब हो जाता है।

दिक्सूचक से परीक्षा करने पर मालूम होगा कि कीलों का निचला सिरा उ० के० है।

चित्र १२३—चुम्बकीय उपपादन

प्रयोग—चार पाँच काग रखकर उन पर एक रेखा में परन्तु थोड़े थोड़े अन्तर से लोहे के टुकड़े रखे जा सकते हैं। यदि इस शृङ्खला के एक सिरे पर कोई चुम्बक रख दिया जाय तो सब टुकड़े चुम्बकवत व्यवहार करने लगेंगे। यह क्रिया चुम्बकीय उपपादन (Magnetic Induction) कहलाती है।

चुम्बक लोहे को क्यों और कैसे खींचता है ?

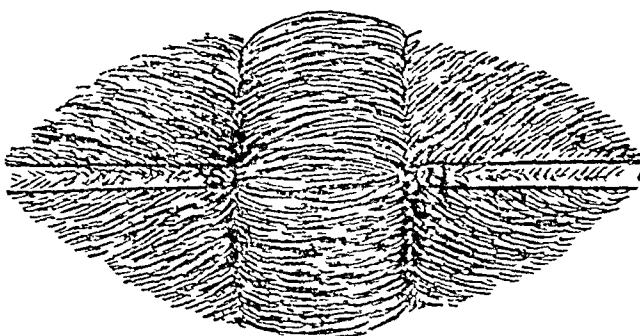
जब कोई लोहे का टुकड़ा चुम्बक के पास लाया जाता है तो वह टुकड़ा

चित्र १२४—एक चुम्बक का चुम्बकीय क्षेत्र

उपपादन की क्रिया से स्वय चुम्बक बन जाता है, उसका वह छोर जो चुम्बक के (मान लो कि) उ० के० के पास है द० केन्द्र बन जाता है और तदनन्तर चुम्बक के उ० के० से आकर्षित होता है।

चित्र १२५—दो चुबको के असमान केन्द्रों के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र

चुम्बक के तोडने का फल

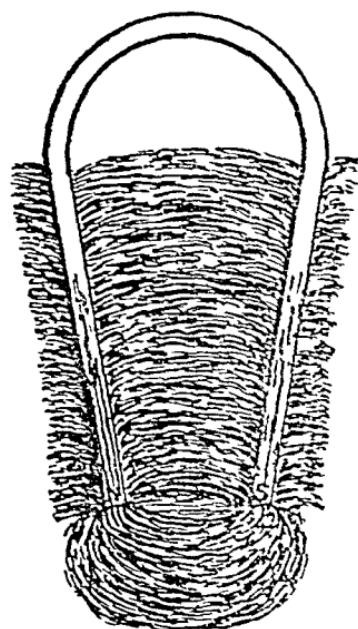
यदि चुम्बक को बीच मे से तोड दे तो प्रत्येक आधा भाग पूरा चुम्बक बन जायगा। जहाँ से चुम्बक भग्न हुआ है वहाँ दो नये केन्द्र उत्पन्न हो जायँगे। जिस टुकडे मे पहले से उ० के० मौजूद है उसमे द० के० उत्पन्न हो जायगा। ऐसे ही दूसरे टुकडे मे नया उ० के० बन जायगा।

चुम्बकत्व कहाँ रहता है ?

यदि किसी चुम्बक को तेजाब मे डाल दे, जिसमे उसका ऊपरी हिस्सा गल जाय तो उसका चुम्बकत्व भी नष्ट हो जायगा। स्पष्ट है कि चुम्बकत्व ऊपरी तल मे रहता है।

चित्र १२६—दो चुम्बको के असमान केन्द्रो के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र।

चुम्बकत्व का क्षेत्र

एक चुम्बक को मेज पर रख कर उसके आस पास दो लकड़ी के टुकड़े रख कर उन पर एक दफ्ती रख दो। तदनन्तर तार की जाली का एक टुकड़ा लेकर उसको हिलाते जाओ और उस पर दूसरे हाथ से लोहे का बुरादा छिड़कते जाओ। जाली इस लिए लेते हैं कि बुरादा फैल जाय, एक जगह न इकट्ठा हो जाय। जब चुम्बक के ऊपर के हिस्से पर तथा उसके इधर उधर भी बुरादा फैल जाय तो देखोगे कि बुरादे के कणों की कोई रचना विशेष नही है। परन्तु दफ्ती को पेंसिल से धीरे धीरे ठोको। लोहे के कण विशेष शृङ्खला बद्ध क्रम मे विभाजित होते दिखाई पड़ेगे। ऐसा मालूम होगा कि दोनों केन्द्रों से कुछ रेखाएँ निकल कर चारों ओर जाती हैं, परन्तु उ० के० से निकलने वाली रेखाएँ उत्तर की ओर और द० के० से निकलने वाली रेखाएँ दक्षिण की ओर जाने की चेष्टा करती हुई

दिखाई पड़ेगी। हाँ यह बात भी अवश्य देख पड़ेगी कि एक केन्द्र से निकलने वाली रेखाएँ दूसरे असमान केन्द्र की ओर भी खिंच रही हैं।

चित्र १२७—दो चुम्बकों के समान केन्द्रों के बीच का चुम्बकीय क्षेत्र

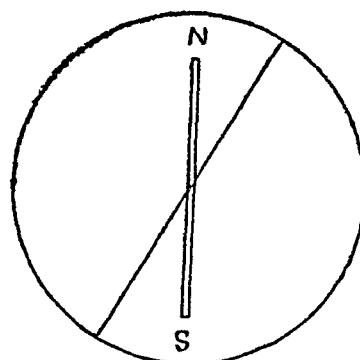
चुम्बक को अनेक परिस्थितियों मे रख कर लोहे के कणों की रचनाएँ देखो। उन सब रचनाओं की व्याख्या ऊपर दिये हुए निरीक्षण से स्पष्ट हो जायगी।

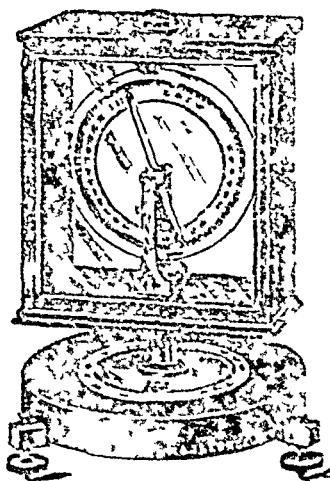
पृथ्वी का चुम्बकत्व

(Terrestrial Magnetism)

किसी चुम्बक के बीच में डोरा बाँध कर लटका दे तो वह प्रायः उत्तर दक्षिण दिशा में ठहरेगा। इस स्थान से हटाने पर भी, अन्त में वह फिर पूर्ववत आकर ठहर जायगा।

जिस दिशा मे चुम्बक का अक्ष आकर ठहरता है उस दिशा को चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) कहते हैं। भूगोलीय

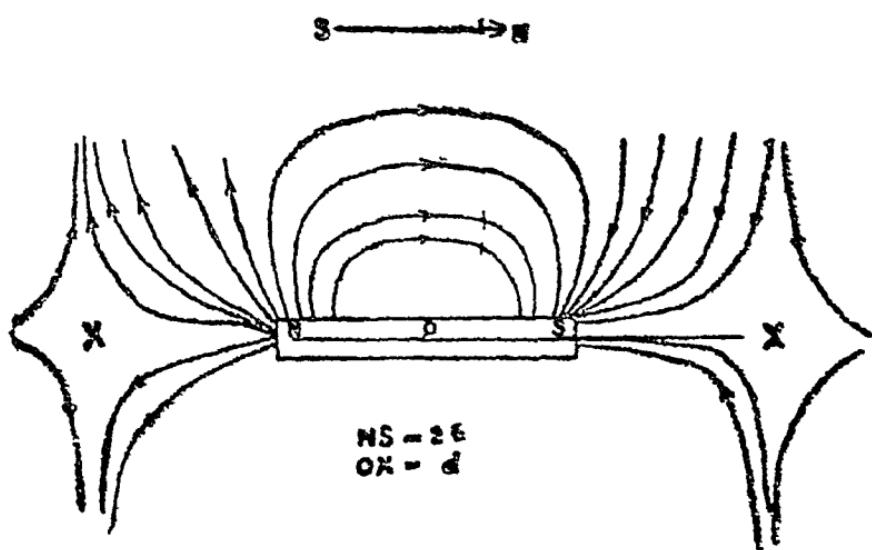
याम्योत्तर से यह प्रायः कुछ हटा रहता है। दोनों याम्योत्तरो के बीच का कोण दिक्पात (declination) कहलाता है।

चित्र १२८—दिक्पात (Declination)

एक और बात इस सम्बन्ध मे देखने योग्य है। चुम्बक धरातल के समानान्तर न रह कर कुछ झुका हुआ रहता है। पृथ्वी के उत्तर गोलार्द्ध मे चुम्बक का उ० के० नीचे को झुका रहता है परन्तु दक्षिण गोलार्द्ध मे उ० के० ऊपर को रहता है और द० के० नीचे को।

चित्र १२९—अवपात (Dip) दर्शक यंत्र। इसके अंकित चक्र को चुम्बकीय याम्योत्तर मे रख कर अवपात नाप लेते हैं।

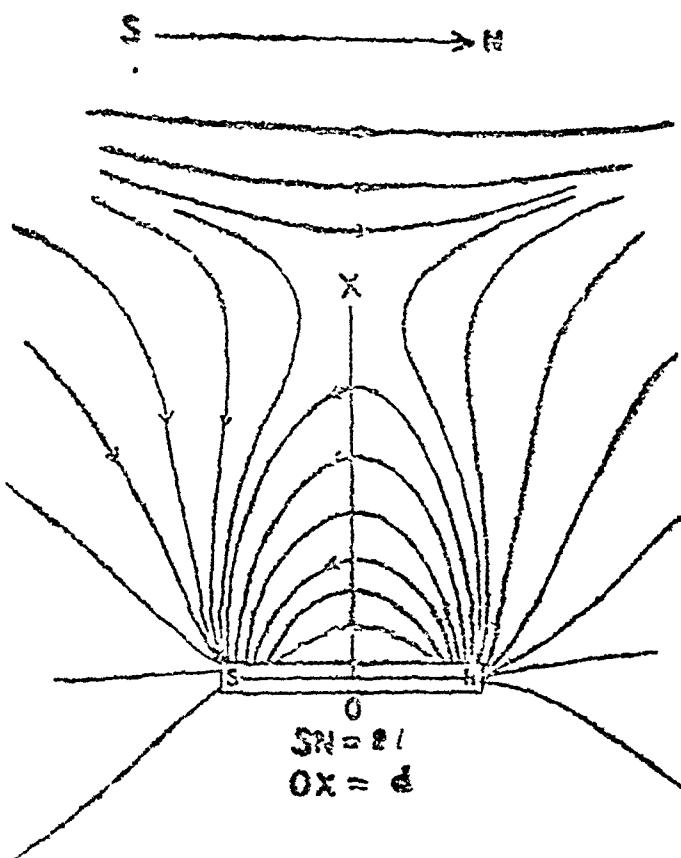
क्षितिज धरातल से लटके हुए चुम्बक का अक्ष जो कोण बनाता है उसे अवपात (Dip) कहते हैं।

चुम्बक के उपर्युक्त व्यवहार की व्याख्या करने के लिए यह अनुमान किया जाता है कि पृथ्वी स्वय चुम्बक है। भूगोल के बीच में एक बड़ा चुम्बक रखा हुआ माना जाता है। इसी चुम्बक के कारण धरातल पर चुम्बक विशेष स्थिति मे लटकाये जाने पर ठहरते हैं।

शक्ति-रेखाएँ (Lines of force)

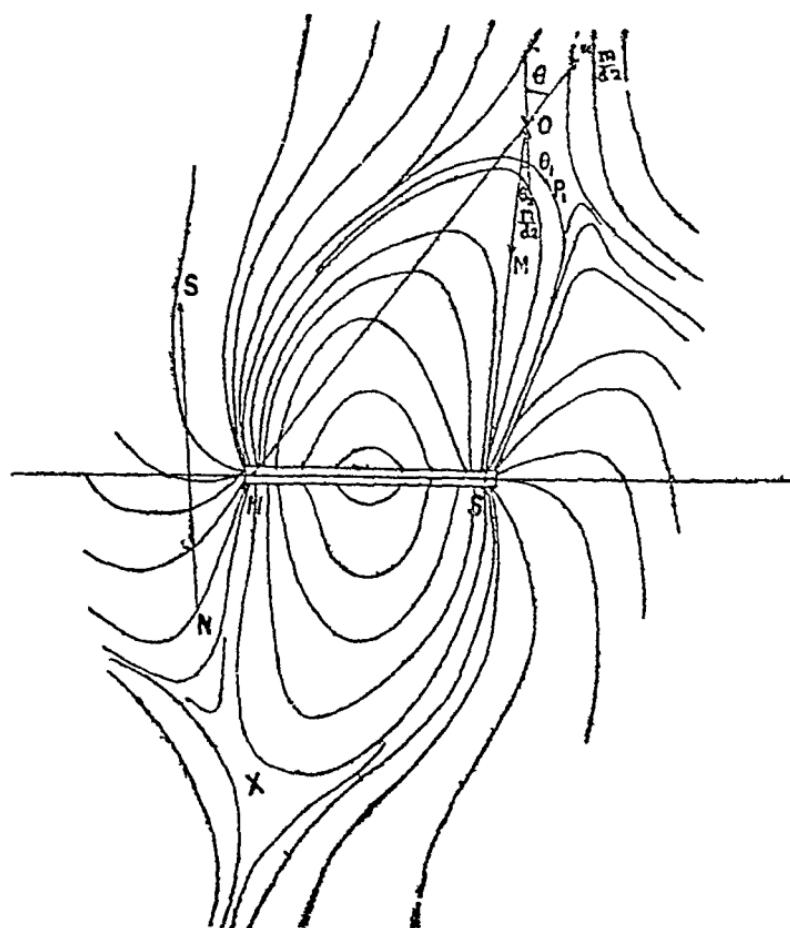
किसी भी चुम्बकीय क्षेत्र मे लोहे कण एक स्थिति विशेष मे आकर ठहरते हैं, यह ऊपर बतला चुके हैं। इसका कारण यही है कि प्रत्येक लोहे कण चुम्बकीय क्षेत्र मे चुम्बक बन जाता है। अतएव उसकी अक्ष अपने मध्य विन्दु पर चुम्बकीय शक्ति की दिशा बतलाती है। इन्हीं अक्षों को

चित्र १३०—चुम्बक को चुम्बकीय याम्योत्तर में उसका उ० के० दक्षिण की तरफ रख कर खींची हुई शक्ति रेखाएँ।

स्पर्श करता हुआ कोई वक्र खींच दे तो उसका यह गुण होगा कि उसके किसी विन्दु की स्पर्श रेखा उस विन्दु पर की चुम्बकीय शक्ति की दिशा

प्रकट करेगी। अतएव ऐसी रेखाएँ (जिन्हे Lines of force शक्ति की रेखाएँ कहते हैं) ऊपर दिये हुए प्रयोग से सहज ही देखी जा सकती हैं। किसी तेज पेंसिल से इन रेखाओं को खींच भी सकते हैं।

चित्र १३१—उ० के० उत्तर की ओर रख कर खींची हुई शक्ति रेखाएँ।

पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र

किसी चित्र-पट पर कागज लगा कर उस पर एक छोटा कुतुबनुमा रखो। जब उसकी सुई ठहर जाय तो दोनों केन्द्रों के पास पेंसिल से विन्दु लगा लो। तब दिक्‌सूचक को आगे सरकाओ, यहाँ तक कि पिछला केन्द्र अगले केन्द्र के स्थान पर आ जाय। अगले केन्द्र के स्थान पर फिर चिन्ह

बनाओ। इस प्रकार दस पन्द्रह स्थानों पर विन्दु बनाओ। सब विन्दु एक ही रेखा पर स्थित मिलेंगे। अब किसी और विन्दु पर दिक्सूचक रख कर चलो, फिर पूर्ववत एक सरल रेखा मिल जायगी जो पहली रेखा के समानान्तर रहेगी। इस प्रकार चाहे जितनी रेखाएँ खींची जायँ सब समानान्तर रहेंगी। इससे स्पष्ट हैं कि पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में समानान्तर शक्ति-रेखाएँ हैं।

चित्र १३२—चुम्बक को चुम्बकी याम्योत्तर के लम्बरूप रखकर खींची हुई शक्ति रेखाएँ

किसी चुम्बक का चुम्बकीय क्षेत्र

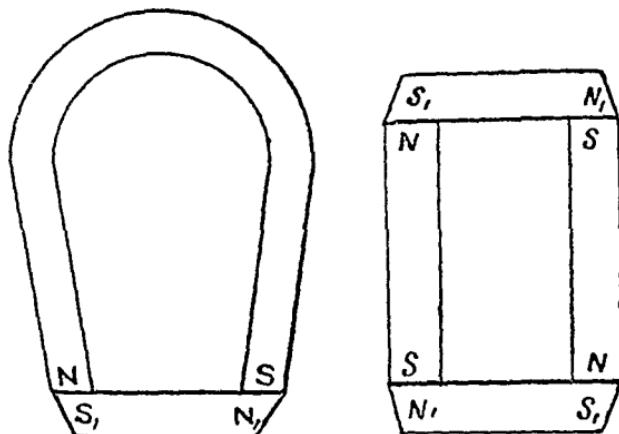
पहले चित्र पट पर कागज लगाकर पृथ्वी के याम्योत्तर को दिखाने वाली रेखा खींच लो। चुम्बक को रखो। इस रेखा पर चुम्बक के चारों ओर रेखाएँ खीच लो जिसमे उसका स्थान मालूम रहे। तदनन्तर दिक सूचक से शक्ति-रेखाएँ खीच लो। यह शक्ति रेखाएँ चुम्बक तथा पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्रों की सम्बद्ध रेखाएँ होगी।

चुम्बकीय शक्ति का प्रभाव

शक्ति की रेखा खीचने की पहली विधि मे दफ्ती को चुम्बक के ऊपर रखकर लोहे का बुरादा डाला था। यहाँ चुम्बक की शक्ति दफ़्ती मे होकर भी काम करती है। प्रायः साधारण धातुओं की चद्दरों मे से चुम्बकीय शक्ति काम कर सकती है। लोहा ही इसका अपवाद है। लोहे की चादर तो चुम्बकीय परदे का काम देगी।

लोहा, निकिल, कोबाल्ट और कुछ धातु मिश्रण लोहे के समान चुम्बक द्वारा आकर्षित होते हैं। किसी नाल चुम्बक के केन्द्रों के बीच में इन धातुओ का कोई टुकड़ा रखा जाय तो केन्द्रों के समानान्तर हो जायगा। परन्तु बिस्मिथ आदि पदार्थ केन्द्रों मे होकर जाने वाली रेखा के लम्बरूप स्थान मे रहेगे। पहले प्रकार के पदार्थों को अनुचुम्बकीय (Para magnetic) और दूसरे प्रकार के पदार्थों को (Dia magnetic) पराचुम्बकीय कहते हैं।

(रक्षक Keepers)

चम्ककों को जब आल्मारी मे रखना हो तो सदैव पूर्व पश्चिम रखना चाहिये। उत्तर दक्षिण न रखना चाहिये। ऐसा करने से उनकी चुम्बकीय

चित्र १३३—रक्षक के सिरो पर उपपादन द्वारा असमान केन्द्र पैदा हो जाते हैं, जो चुम्बक के केन्द्रो की आकर्षण द्वारा रक्षा करते हैं।

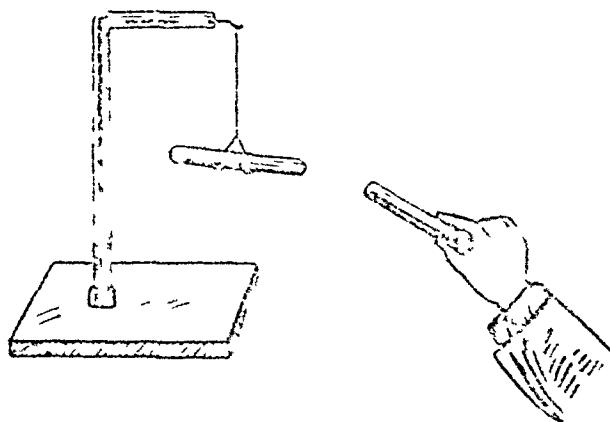
शक्ति के ह्रास होने का भय रहता है, क्योंकि पृथ्वी स्वयं चुम्बकवत व्यवहार करती है।

यथा सम्भव बराबर के चुम्बको को पासपास इस प्रकार रखो कि उनके असमान केन्द्र पास रहैं और इन असमान केन्द्रों से सलग्न लोहे का टुकडा रख देना चाहिये। यह लोहखण्ड स्वय चम्बक बनकर उन केन्द्रों की उपपादन द्वारा रक्षा करेंगे।

इक्कीसवाँ अध्याय

बिजली

प्राचीन समय मे यह मालूम था कि अम्बर जब रगड़ खाता है तो उसमे सूखी पत्तियों के आकर्षण करने की शक्ति पैदा हो जाती है। सम्राज्ञी इलेज़ेबेथ के चिकित्सक डा० गिलबर्ट ने इस सम्बन्ध मे विशेष खोज की और विद्युच्छास्त्र के जन्मदाता वही हैं।

प्रयोग—एक काँच का छोटा सा डडा लेकर कुछ देर धूप मे रखकर सुखा लो। तदनन्तर सूखे हुए रेशम के रूमाल से उसे फुर्ती से रगड़ो और तब सूखे घास-पात या कागज के टुकड़ों के पास लाओ। वह उन्हे अपनी ओर खींच लेगा। यह डडा विद्युन्मय हो गया। उसकी विद्युत् पत्तो को खीचती है।

चित्र १३४

प्रयोग—कागज का रकाब बनाकर किसी डोरे से टॉग दो। तदनन्तर पूर्ववत एक डडे को रगड़ कर अथवा विद्युन्मय करके रकाब में

रख दो और दूसरा विद्युन्मय डण्डा उसके पास लाओ। दोनों मे निराकरण होगा।

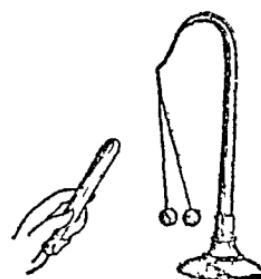
प्रयोग—अब एक एबोनैट का डडा सुखाकर सूखी बनात से रगड़ कर देखो। वह भी पत्तो को खीचेगा अर्थात् वह भी विद्युन्मय हो जायगा। यदि एक और एबोनेट का डडा रकाब मे लटकाकर दूसरा वैसा ही डडा उसके पास लावे तो उनमे निराकरण होगा।

प्रयोग—एक कॉच के डडे को विद्युन्मय करके रकाब मे रखो और एबोनैटका विद्युन्मय डडा उसके पास लाओ। दोनों मे आकर्षण होगा।

सारांश—इन प्रयोगों से स्पष्ट है कि विद्युत् दो प्रकार की है। एक वह जो कॉँच पर रगड़ कर पैदा की जाती है। दूसरी वह जो एबोनैट पर उत्पन्न होती है। कॉँच पर जो बिजली पैदा होती है उसे यदि धनात्मक कहे तो इबोनैट पर उत्पन्न हुई बिजली को ऋृणात्मक कहेंगे।

अब प्रयोगों का फल इस प्रकार बतला सकते हैं :—

(१) धनात्मक विद्युत् धनात्मक विद्युत् को हटाती है और ऋृणात्मक विद्युत् को खीचती है।

(२) इसी प्रकार ऋृणात्मक विद्युत् ऋृणात्मक विद्युत् का निराकरण और धनात्मक का आकर्षण करती है। समान प्रकृतिवाली विद्युन्मात्राएँ निराकरण तथा असमान प्रकृतिवाली परस्पर आकर्षणकरती हैं।

चित्र १३५

प्रयोग—किसी सरकडे के गूदे का एक टुकड़ा लेकर डोरे से बाँधो और किसी काँच के स्टेंड से लटका दो। इस गूदे की गोली के पास (Pith ball Pendulum) कोई विद्युन्मय डंडा लाओ। गोली पहले डंडे की ओर आकर खिंचेगी, उससे स्पर्श करेगी और तदनन्तर दूर हटने लगेगी। (देखो चित्र १३५)

क्या करण है ? वस्तुतः गोली ने डडे का स्पर्श करके उसकी बिजली का कुछ अंश ग्रहण कर लिया। अब गोली और डडे पर एक समान बिजली विद्यमान है। अतएव दोनो में निराकरण होने लगा।

सूखे कागज के टुकड़े भी पहले उठकर डडे से चिपटते हैं, परन्तु स्पर्श करने के बाद शीघ्र ही दूर जा गिरते हैं।

किसी पदार्थ को रगड़ने से कैसी बिजली पैदा होती है. यह बात रगड़ने वाली और रगडी हुई चीजों पर निर्भर है। प्रयोग करके यह देख सकते हो कि काँच की छड़ को फलालेन से रगड़े तो ऋृणात्मक विद्युत् पैदा होगी। एब्रोनैट को रबड़ से रगड़े तो धनात्मक बिजली उत्पन्न होगी।

चालक और अचालक

काँच की छड़ जहाँ पर रगड़ खाती है विद्युन्मय हो जाती है, परन्तु उसका जो हिस्सा मुट्ठी में रहता है विद्युन्मय नहीं होता। किसी धातु पीतल आदि की छड को घिसा जाय तो उसमे बिजली नही उत्पन्न होती। हाँ. यदि उसमे एबोनैट या काँच का दस्ता लगा ले और दस्ते से उसे उठाकर रगड़े तो उसमे भी बिजली पैदा हो जायगी।

विद्युन्मय एब्रोनैट तथा पीतल की छड़ों को उँगली से स्पर्श करके देखो। पता चलेगा कि स्पर्श करते ही पीतल की सम्पूर्ण विद्युन्मात्रा लुप्त हो जाती है. परन्तु एबोनैट मे ऐसा नहीं होता।

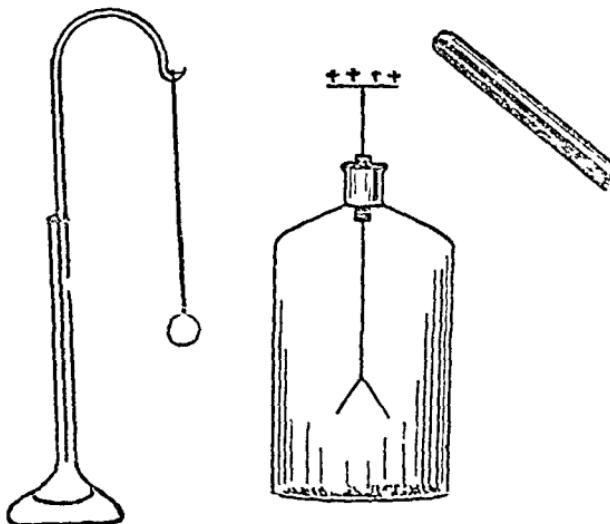
कारण यह है कि एबोनैट विद्युत् का चालक नहीं है। उसके स्पर्श करने से केवल उसी स्थान की बिजली उँगली मे प्रवेश करके धरती में

चली जाती है, जिसका स्पर्श हुआ है, परन्तु शेष छड़ पर बिजली पूर्ववत बनी रहती है। हाँ पूरी छड़ पर हाथ फेरने से कुल बिजली गायब हो जायगी।

पीतल आदि धातु विद्युद् चालक हैं। अतएव उनके किसी भी भाग का स्पर्श किया जाय तो उनकी सब बिजली निकल जाती है। मानवी शरीर भी विद्युत् चालक है। अतएव पीतल की छड़ हाथ मे थाम कर विद्युन्मय नहीं की जा सकती, जब तक कि उसमे किसी अचालक का दस्ता न लगा दिया जाय।

यही कारण है कि उपर्युक्त परीक्षा मे कॉच के स्टेड लेने का परामर्श दिया गया है।

विद्युत् सूचक (Electroscope)

सरकडे के गूदे की गोली (Pith ball) जो किसी कॉच के स्टेड से लटका दी गई हो विद्युत् सूचक का काम दे सकती है। कोई छड़

चित्र १२६

उसके पास लाई जावे, तो वह छड़ से तभी आकर्षित होगी जब छड पर

विद्युन्मात्रा होगी। आकर्पित होकर उसका निराकरण होगा। यदि छड़ विद्युत् शून्य हुई तो आकर्षण न होगा।

प्रयोग—काँच के डंडे को रेशम से रगड़ कर विद्युन्मय कर लो, तदनन्तर गूदे की गेंद के पास लाओ। गेंद स्पर्श करके धनात्मक विद्युत् से विद्युन्मय हो जायगी और तब पीछे हटने लगेगी। अब यदि कोई भी वस्तु जिस पर यह देखना है कि किस प्रकार की बिजली प्रस्तुत है, इस गेंद के पास लाई जावे तो या तो गेंद उससे हटेगी या आकर्षित होगी। यदि दूर हटे तब तो उस वस्तु पर धनात्मक विद्युत् है। यदि आकर्पित हो तो उस वस्तु पर ऋणात्मक विद्युत् है।

सुवर्ण पत्र विद्युत् सूचक (Gold-leaf electroscope)

एक बोतल मे काग लगा दो। काग के बीच में छेद करके काँच की नली बैठा दो। काँच की नली में एक ऐसी पीतल की छड़ प्रवेश कराओ, जिसका निचला भाग पीट कर चौड़ा कर दिया गया हो और ऊपर के सिरे पर एक गोल चँदेवा कसने के लिए चूड़ी कटी हो। काँच की नली में घुसाकर उस पर चँदेवा कस दो। नीचे के चौड़े भाग की दोनों तरफ स्वर्ण पत्र के टुकड़े चिपका दो। स्वर्ण पत्र को दो कागजों के बीच में रखकर कागज की दो चार तह करके कैंची से उपयुक्त आकार के टुकड़े काट लो। इन टुकड़ो मे से दो चिपका लो। बोतल की तलेटी मे सावधानी से कुछ झावा पत्थर के टुकड़े और गाढा गन्धक का तेजाब डाल दो। काग को स्थान पर बैठा दो। यह यंत्र उपस्थित हुआ।

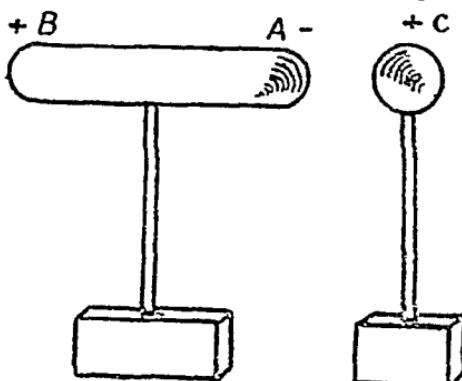
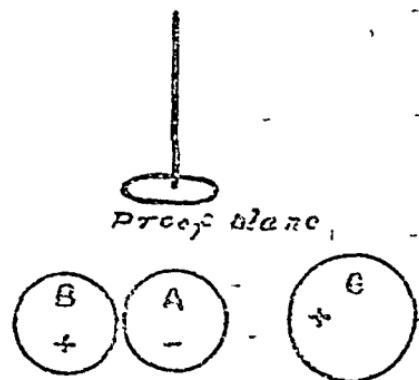
प्रयोग—काँच की विद्युन्मय छड़ लेकर चंदेवे के पास लाओ। देखोगे कि पास लाते ही स्वर्ण पत्र विलग होने लगेंगे। ज्यों ज्यों पास लाओगे उनका निराकरण बढेगा। अब उस छड़ को चंदेवे पर रखकर छड़ के भागों का उससे स्पर्श कराओ। छड़ की बिजली उसमें प्रवेश कर जायगी और स्वर्ण पत्र धन विद्युत् से विद्युन्मय हो जायेंगे।

अब किसी विद्युन्मय वस्तु को चंदेवे के पास लाइये। यदि उस पर

धन विद्युत् होगी तो स्वर्ण पत्र का हटाव अधिक हो जायगा। ऋण विद्युत् होगी तो हटाव कम होने लगेगा।

उपर्युक्त प्रयोग मे हमने चदेवे को स्पर्श से विद्युन्मय किया है। उसके विद्युन्मय करने की एक और विधि है। हम बतला चुके हैं कि विद्युन्मय छड़ पास लेने से ही पत्रों का निराकरण होने लगता है। पर्याप्त विलगाव हो जाने पर चदेवे को उँगली से स्पर्श कर दो। छूते ही पत्रों का हटाव शून्य हो जायगा अर्थात् पत्र एक दूसरे के पास आ जायँगे। अब उँगली हटा लो और तब विद्युन्मय छड़ भी हटाओ। उसके हटाते ही पत्रों का फिर निराकरण होगा, उनका हटाव बढ जायगा।

विद्युत् उपपादन (Electrostatic Induction)

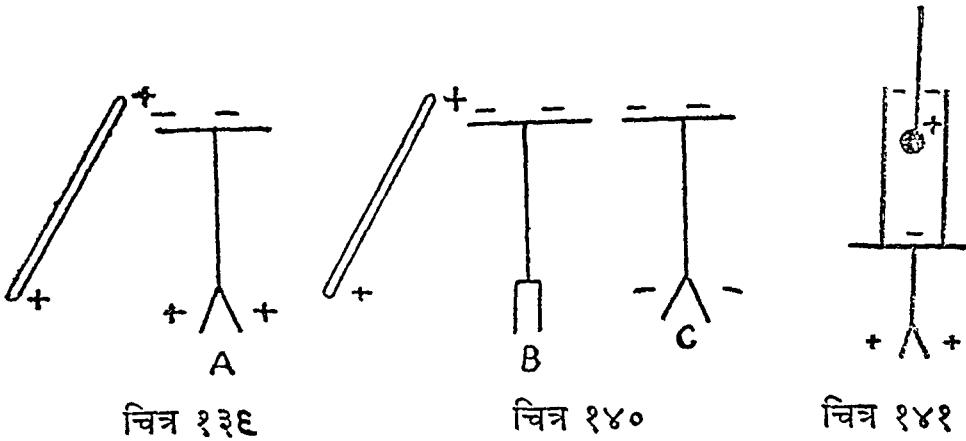
कोई भी विद्युन्मय वस्तु यदि किसी रोधकारूढ़ चालक के पास लाई जायगी तो इस चालक में विद्युत् उपपादन होगा अर्थात उसमें धनात्मक और ऋणात्मक विद्युत् समान मात्राओं मे उत्पन्न हो जायँगी। विद्युन्मय वस्तु पर धनात्मक बिजली है तो इस वाहक के पास के सिरे पर ऋणात्मक और दूर के सिरे पर धनात्मक विद्युत् एकत्रित हो जायँगी।

चित्र १३७ चित्र १३८

इस बात की जाँच के लिए—परीक्षक-पत्र से काम लेते हैं। यह पत्र पीतल का बना होता है और उसमे अचालक या विरोधक पदार्थ की डंडी

लगी रहती है। परीक्षा पत्रक से A छोर का स्पर्श करा दो। वहाँ की बिजली का कुछ अंश पत्रक पर आ जायगा। उसकी जाँच गूदागेद से कर लो। उस पर ऋणात्मक विद्युत् मिलेगी। इसी प्रकार B छोर पर धन विद्युत् पाई जायगी।

C के धन विद्युत् के कारण A की ऋण विद्युत् बँधी रहती है और उसी के निराकरण के कारण B की धन विद्युत् दूर भागने का भरसक प्रयत्न करती है। अतएव A B को स्पर्श करने से उस पर की धन विद्युत् शरीर मे होकर धरातल में समा जाती है, परन्तु ऋण विद्युत् उसी पर बनी रहती है। C के हटा लेने पर यही ऋण विद्यु् A B पर फैल जाती है।

यही सब घटनाएँ स्वर्ण पत्र विद्युत् सूचक मे होती हैं। अतएव विद्युन्मय डंडे से स्पर्श कराने से स्वर्ण पत्र सजातीय विद्युत प्राप्त करते हैं। परन्तु उसकी उपस्थिति मे स्पर्श करने के उपरान्त उसे हटा लेने से विजातीय विद्युत् प्राप्त करते हैं।

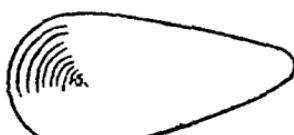
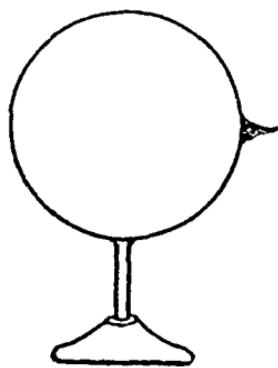
चित्र १३९ चित्र १४० चित्र १४१

विद्युत् कहाँ रहती है ?

किसी खोखले टीन के पीपे को रोधक आसन पर विद्युन्मय कर लो। परीक्षा पत्र से परीक्षा करके मालूम कर लो कि भीतरी तल पर विद्युत्

है या नहीं। मालूम होगा कि केवल बाहरी तल पर बिजली है, भीतरी पर नहीं है।

फेरेडेने एक काठ का बक्स लिया और उसके ऊपर पन्नी जड़ कर उसे वाहक बना लिया और रोधक आसन पर रखकर स्वय एक विद्युत् सूचक लेकर उसमे बैठ गया। तदनन्तर एक बड़ी बिजली उत्पादक मशीन से बक्स को विद्युन्मय कराया। यद्यपि बक्स के बाहर से बड़ी बड़ी चिनगारियाँ निकलती थीं, परन्तु फेरेडे तथा विद्युत् सूचक शान्ति पूर्वक भीतर बैठे रहे।

विद्युत् का ऊपरी तल पर वितरण

यदि चालक गोलाकार हुआ तो उस पर विद्युन्मात्रा सर्वत्र एक समान रहती है। यदि उसका आकार लबोतरा हुआ तो पतले सिरे की तरफ अधिक मात्रा मिलेगी। चित्र १४२ में क पर कम और ख पर अधिक मात्रा मिलेगी। इस बात की परीक्षा प्रूफ प्लेन तथा विद्युत् सूचक से भली

चित्र १४२ चित्र १४३

भाँति की जा सकती है। यदि किसी गोलाकार चालक मे एक कील जड़ दे और तब उसे विद्युन्मय कर दे तो कील पर इतनी अधिक विद्युन्मात्रा

एकत्रित हो जायगी कि वायु भी विद्युन्मय होकर दूर हटने लगेगी जैसा कि पत्तियाँ व्यवहार किया करती हैं। हवा के विद्युन्मय झोको की उपस्थिति किसी मोमबत्ती को उक्त कील के पास लाकर प्रदर्शित कर सकते हैं। मोमबत्ती की लौ झुक कर वायु के प्रवाह की दशा बता देगी।

घर्षण से दोनों प्रकार की समान विद्युन्मात्राएँ प्रकट होती हैं।

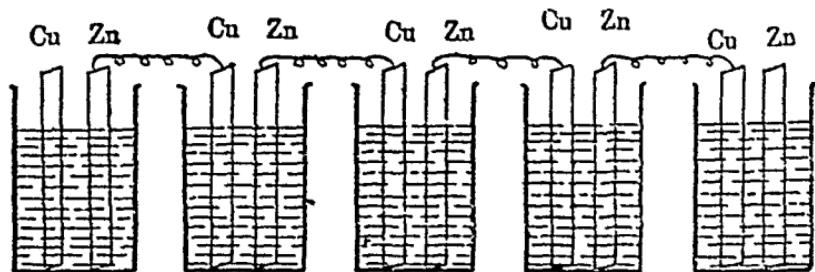
जिस वस्तु को घिसा जाता है उस पर एक प्रकार की तथा जिससे घिसा जाता है उस पर दूसरे प्रकार की विद्युत् प्रकट होती है। दोनों प्रकार की विद्युत् की मात्रा एक समान रहती है। किसी इबोनैट के डडे को टोपी के आकार के फलालेन के टुकड़े से जिसमे रेशम का धागा बंधा हो, रगड़ो। तदनन्तर दोनों को विद्युत् सूचक के पास लाओ। विद्युत् की कोई उपस्थिति के लक्षण न दिखाई पड़ेगे। अब रेशम के डोरे से फलालेन की टोपी उठाकर, टोपी की तथा छड़ की परीक्षा करो। पहले टोपी को विद्युत् विहीन विद्युत् सूचक के पास लाओ। उसके पत्र विलग हो जायँगे। अब छड़ का भी उसके पास ले आओ। पत्र शीघ्र ही एक दूसरे से सट जायँगे। कारण स्पष्ट है कि टोपी पास लाने से पहले जो ऋण विद्युत् पैदा हुई और जिसके कारण पत्र एक दूसरे से हटे, उतनी ही धन विद्युत् अब छड़ लाने से पैदा होकर पहले की ऋण विद्युत् को नष्ट कर देती है।

बाईसवाँ अध्याय

धारात्मक विद्युत्

एक काँच या चीनी का गोल घट लेकर उसमे पानी मिला गधक का तेज़ाब लगभग आधा भर दो। तदनन्तर एक शुद्ध जस्ते की और एक ताँबे की तख्ती लेकर इस तेज़ाब मे डुबो दो। देखोगे कि न तो जस्ता ही तेज़ाब मे गलता है और न ताँबा ही। ताँबा तो बगैर गरम किये पतले गन्धकाम्ल मे गलता ही नही, परन्तु शुद्ध जस्ता भी नही गलता।

अब एक ताँबे का तार प्रत्येक तख्ती से लगा दो। जब कभी इन तारो को स्पर्श कराओगे उज्जन (Hydrogen) गैस ताँबे के पत्र पर प्रकट होगी। क्रमशः जस्ता गलता जायगा परन्तु उसके गलने से जो गैस पैदा होगी, वह ताँबे पर प्रकट होगी। साधारण बाजारू जस्ता अम्ल मे डालते ही गैस देने लगेगा। यह गैस उसी के तल पर प्रकट होगी। यदि ऐसा है तो शुद्ध जस्ता लेने पर गैस ताबे पर क्यों प्रकट होती है?

जिस तार से जस्ता और ताबे की तखतियाँ सम्बद्ध की जाती हैं उसमे अनेक नई अद्भुत बाते देखने मे आती हैं :—

चित्र १४४—विद्युद् घट माला (Battery of cells)

(१) यदि तार पतला हुआ तो थोड़ी देर मे गरम हो जायगा।

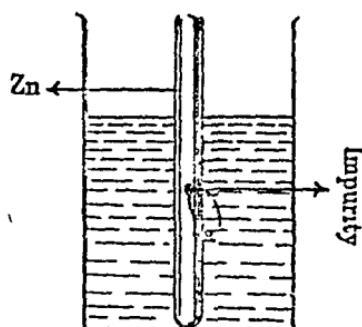
(२) यदि किसी दिकसूचक की सूई के समानान्तर इस तार को रखे तो दिकसूचक की सूई (चुम्बक) तार से समकोण बनाने का प्रयत्न करेगी। यदि तार उत्तर दक्षिण दिशा में रखा जाय तो चुम्बक पूरब पश्चिम दिशा मे हो जायगा।

(३) यदि इस तार को बीच मे से काट कर नीले थोथे के घोल मे दोनों छोर डाल दे तो एक सिरे पर ताबा जमने लगेगा।

यह सब बाते बतलाती है कि तार मे कोई नई शक्ति का आविर्भाव हुआ है। इसी बात को वैज्ञानिक भाषा मे कहते हैं कि तार मे बिजली की धारा बह रही है। घट के भीतर विद्युत् धारा जसते से ताबे की ओर और घट के बाहर ताँबे से जस्ते की ओर जाती है, ऐसा माना जाता है। यही कारण है कि गैस जस्ते पर न दिखाई देकर ताबे पर प्रकट होती है।

बाज़ारू जस्ता लेने से विद्युत् धारा या तो पैदा ही न होगी या होगी भी तो बहुत कम। परन्तु शुद्ध जस्ता बड़ा महँगा पड़ता है, इसलिए बाज़ारू जस्ते की तख़्ती बनाकर उस पर पारा और पतले गन्धकाम्ल की मालिश स्पज या रूई से करते हैं। अम्ल जस्ते की सतह को साफ कर देता है और पारा जस्ते के साथ अमलगम (Amalgam) अथवा धातुमिश्रण बना लेता है जो एक प्रकार का जस्ते का पारद में घोल सा होता है। यह पारद चढा हुआ जसता शुद्ध जस्ते के समान व्यवहार करता है।

तेजाब की क्रिया जब पारद की तह पर होती है तो उसमे का जस्ता गल जाता है। तब पारद नीचे की तह में से और नया जस्ता घुला लेता है। इस प्रकार शुद्ध जस्ता आवश्यकतानुसार नीचे से ऊपर आता जाता है। शुद्ध जस्ते के गलाने के लिए एक विद्यत् चक्र तावे और जस्ते का बनाना पड़ता है। बाजारू जस्ते मे, उसके भीतर की अशुद्धता के कारण उसी के पिण्ड मे ताँवे के स्थान पर उसी के समान काम देने वाले कण उपस्थित रहते हैं। अतएव जस्ते के पिण्ड मे ही

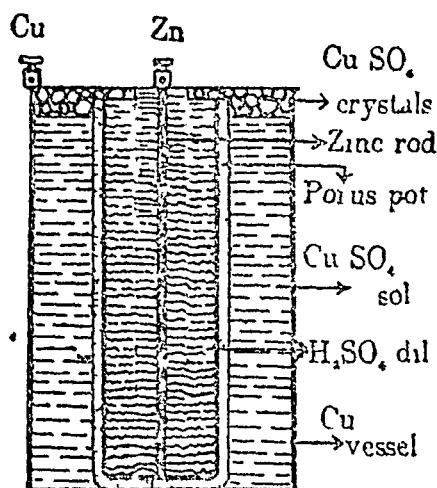
अनेक छोटे विद्युत् घट उत्पन्न हो जाते हैं और वह निरन्तर गलता रहता है। यदि तांबे की तखती का प्रयोग कर उसे जस्ते की तख्ती से तार द्वारा सम्बद्ध भी कर दें तो भी बहुत कम विद्युत् धारा उपलब्ध होगी और जस्ता बहुत खराब जायगा। इसीलिए इस क्रिया को रोकने के लिए जो स्थानीय क्रिया (Local action) कहलाती है, शुद्ध जस्ते का अथवा पारद चढे हुए जस्ते का प्रयोग करते हैं।

चित्र १४५

इस साधारण विद्युत्—घट मे स्थानीय क्रिया के अतिरिक्त एक और त्रुटि रहती है। वह यह है कि जो उज्जन गैस (Hydrogen gas) तांबे पर प्रकट होती है वह उसी से कुछ अश मे चिपकी रह जाती है। अतएव जहाँ जहाँ गैस जम जाती है तहाँ तहाँ तांबे का अम्ल से स्पर्श नही हो पाता। इसलिए विद्युत् धारा क्रमशः घटने लगती है और अन्त मे बन्द हो जाती है। यह क्रिया (Polarisation) गैसाच्छादन कहलाती है। इससे छुटकारा पाने के लिए ही अनेक प्रकार के विद्युत् घटो का आविष्कार हुआ है।

हम यहाँ पर दो साधारण विद्युत् घटों का व्यौरा देते हैं, जो प्रायः प्रयोगशालाओं में काम आते हैं।

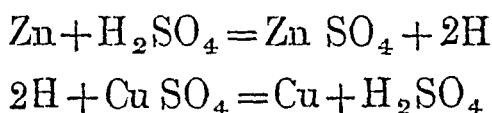
डेनियल सेल (Daniell Cell)

इस घट का बर्तन तांबे का बना होता है। बर्तन के मुँह के पास एक

छेदो वाली पाकेट सी बनी रहती है, जिसमे तूतिया के बड़े बड़े रवे रखे रहते है। बर्तन मे तूतिया का गाढा घोल भरा रहता है। इस घोल में एक मट्टी का मसामदार बेलनाकार बर्तन रहता है, जिसमे पानी मिश्रित गन्धकाम्ल रहता है। गन्धकाम्ल मे पारा चढ़ा हुआ जस्ते का डडा रहता है।

चित्र १४६

जस्ता गन्धकाम्ल मे गल कर उज्जन गैस बनाता है, जिसके परमाणु विद्युन्मय होते हैं और अम्ल तथा मट्टी के बर्तन और तूतिये के घोल मे से निकलते हुए ताबे के बरतन तक पहुँच जाते हैं। यहाँ वे अपनी विद्युन्मात्रा ताँबे को देकर साधारण परमाणु बन जाते हैं और तूतिये से प्रक्रिया कर डालते हैं।

$$Zn + H_2SO_4 = Zn\,SO_4 + 2H$$

$$2H + Cu\,SO_4 = Cu + H_2SO_4$$

यह ताँबा बाहरी घट की भीतरी सतह पर जम जाता है और विद्युत् धारा तार द्वारा जस्ते की छड़ तक वापस चली जाती है। इस प्रकार विद्युच्चक्र (Electric circuit) पूरा हो जाता है।

गैस को न इकट्ठा होने देने वाला पदार्थ यहाँ तूतिया है। घट का विद्युत् दबाव (E M F) लगभग १ वोल्ट के होता है।

बुनसेन सेल (Bunsen cell)

इस बाटरी मे बाहरी बर्तन मट्टी या कॉच का होता है, जिसमे पानी मिला गन्धकाम्ल भरा रहता है। इस अम्ल मे मसामदार मट्टी का बर्तन रहता है, जिसमे कार्बन की छड पडी रहती है। बर्तन मे गाढ़ा शोराम्ल (Nitric acid) रहता है।

जस्ता गन्धकाम्ल मे गलता है। गैस के विद्युन्मय परमाणु (ions) पोरस पाट मे से होते हुए कर्बन तक पहुँच जाते हैं। वहाँ अपनी विद्युन्मात्रा कर्बन को देकर साधारण परमाणु बन जाते हैं। शीघ्र ही उन्हे शोराम्ल पानी मे परिणत कर देता है।

इस घट मे गैसाच्छादन का मिटाने वाला (Depolariser) गैसोच्छेदक शोराम्ल है। इस घट का वैद्युतिक दबाव (Electric Pressure or Electromotive force or E M F) लगभग २ वोल्ट के होता है। परन्तु उज्जन के ओषिदीकरण मे शोराम्ल में से दुर्गन्ध युक्त भाप निकलती है जो कमरे मे रखी वस्तुओ को भी खराब कर देती है।

साधारण वोल्टासेल में ताँबा धनात्मक दण्ड और जस्ता ऋणात्मक दण्ड होता है अर्थात् विद्युत् धारा ताँबे से निकल कर घट के बाहर जस्ते की ओर प्रयाण करती है। डेनियल और बुनसन विद्युत् घटों मे ताँबा तथा कर्बन धनात्मक दण्ड और जस्ता ऋणात्मक दण्ड रहते हैं।

विद्युत् धारा का चुम्बक पर प्रभाव

हम बतला चुके हैं कि यदि विद्युत् वाहक तार किसी कीली पर आरूढ चुम्बक के (जैसे दिक्सूचक का चुम्बक) समानान्तर उसके ऊपर या नीचे रखा जाय तो चुम्बक घूमकर तार से समकोण बनाने की चेष्टा करता है।

यह ध्यान रखते हुए कि धारा चुम्बक के ऊपर उत्तर से दक्षिण को था दक्षिण से उत्तर को जा रही है, तार को चुम्बक के ऊपर और नीचे, उलट पुलट कर रखो और निरीक्षण इस प्रकार लिखो।

तार चुम्बक के ऊपर रखकर

धारा की दिशा—चुम्बक का उ० के० किधर को गया

द०— उ० — ... ...

उ०— द० — ... ...

तार चुम्बक के नीचे रखकर

धारा की दिशा—चुम्बक का उ० के० किधर हटा

द०— उ० — ... ...

उ०— द० — ... ...

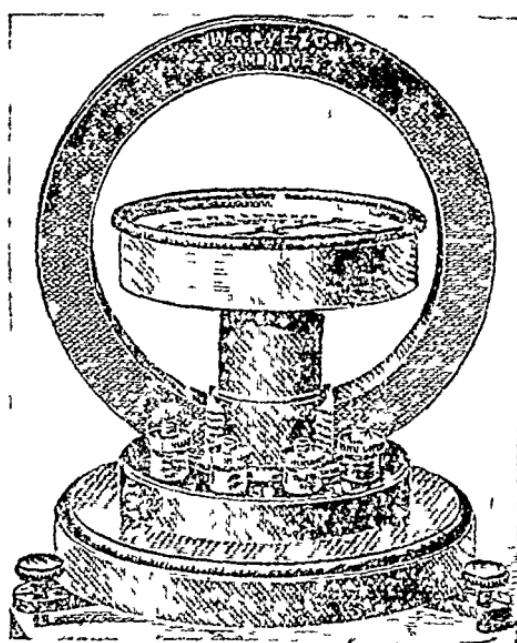
इस सूची के तय्यार हो जाने पर एम्पियर का नियम समझ में आ जायगा—

यदि कोई व्यक्ति धारा के साथ इस प्रकार तैरे कि उसका मुँह चुम्बक की तरफ रहे तो चुम्बक का उ० के० सदा उसके दहने हाथ की तरफ हटैगा।

धारा सूचक—यदि एक चुम्बक को ऊर्ध्व कीली पर आरूढ़ करके उसके चारों ओर एक पाटाच्छादित तार की बेठन बना दे तो चुम्बक की गति से पता चल जायगा कि बेठन मे धारा बहती है या नही और यदि बहती है तो किस दिशा मे। यह एक दिक्सूचक बन गया। बेठन के दोनो सिरे दो बंधक-पेचों के नीचे दबा दिये जाते हैं, जिसमे सूचक उस चक्र (Circuit) के अन्तरगत लाया जा सके जिसमे धारा की परीक्षा करना है।

धारा मापक (Galvanometers)

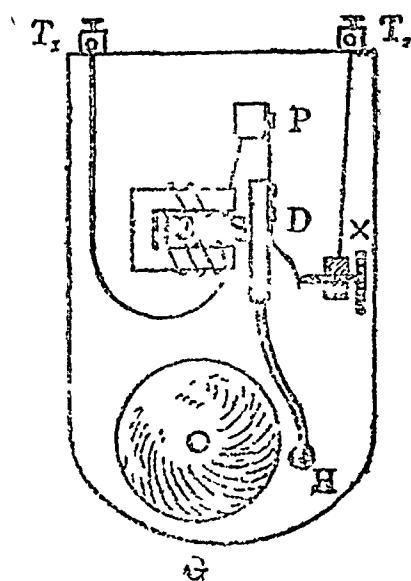
आठ या दस इंच व्यास का एक लकड़ी या पीतल का चक्र लेकर उस पर पतले ताँबे के तार की ५० या ६० लपेट की बेठन खाँचे मे बैठा दी

जाती है। वेठन के दोनों छोर दो वधक पेचों से कस दिये जाते हैं। चक्र के केन्द्र पर एक दिकसूचक बक्स (Compass box) इस प्रकार जड़ देते हैं कि चुम्बक ठीक केन्द्र पर रहे। दिकसूचक बक्स पीतल का गोल डिब्बा होता है। इसके पेंदे मे एक गोल आइना रहता है, आइने के केन्द्र पर कीली रहती है। और आइने के ऊपर एक डिग्रियों से अंकित पीतल का गोल चक्र लगा रहता है। कीली पर चुम्बक आरूढ रहता है चुम्बक के समकोण एक सूई रहती है जिसके दोनों छोर डिग्री वाले चक्र पर घूमते हैं और चुम्बक का हटाव बतलाते रहते हैं।

चित्र १४७

पहले वेठन को चुम्बकीय याम्योत्तर मे (जिस दिशा मे चुम्बक स्वभावतः ठहरा हो) रख देते हैं। वेठन और चुम्बक समानान्तर होते हैं। तब जिस चक्र में धारा का परिमाण नापना होता है, उसके सिरे धारा मापक के वधक—पेचों से जोड़ देते हैं। चुम्बक की स्थिति पहले प्रायः 0°

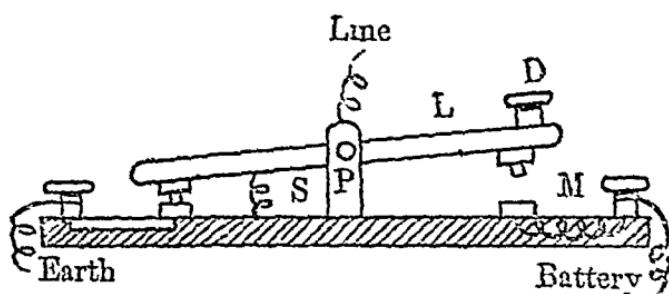
पर रहती है। धारा का प्रवाह होने पर चुम्बक घूमता है और उसका हटाव देख लिया जाता है। इस हटाव से धारा का परिमाण नापा जा सकता है।

विद्युच्चुम्बक का उपयोग

हम चुबको का वर्णन करते हुए बतला चुके हैं कि नरम लोहे की छड़ या नाल पर लपेट देने से और तार मे बिजली प्रवाह कराने से एक प्रकार का चुम्बक बन जाता है, जिसे विद्यु च्चुम्बक कहते हैं। देखो (चित्र १२० तथा १२१)

चित्र १४८

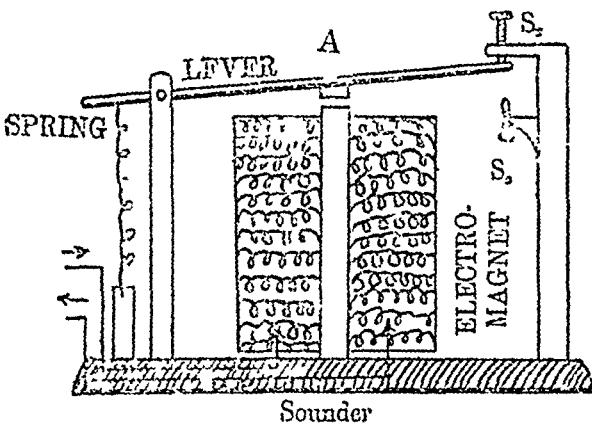
बिद्यु च्चुम्बक की सहायता से अनेक यंत्र बन सकते हैं, जिनमें पहले हम बिजली की घंटी का वर्णन करेंगे। मानलो कि बिजली T_1 पेच से प्रवेश करती है। यह बिजली E विद्यु च्चुम्बक की वेठन मे जाकर उसको चुम्बक बना देगी। तदनन्द P तक पहुंच कर D तक जायगी। D का स्पर्श X पेच से है, अतएव X मे होकर T_2 तक पहुँच कर विद्युतूघट तक वापस चली जायगी।

अब E मे चुम्बकत्व उदय होते ही वह D H शालाका को जो लोहे की बनी होती है अपनी तरफ खीचेगा। इसलिये D कमानी X से हट आयेगी और विद्युच्चक्र भङ्ग हो जायगा। अतएव E का चुम्बकत्व नष्ट हो जायगा और D H फिर अपने स्थान पर पहुँच कर X को स्पर्श करेगा। फिर विद्युच्चक्र पूरा होकर E को चुम्बक बना देगा और पूर्ववत क्रम जारी रहेगा।

H के पास ही एक घंटी G लगी हुई है, जब D H को E खींचता है तो G बज उठती है। इस प्रकार जब तक विद्युत् धारा T_1 या T_2 से प्रवेश करती रहेगी घटी बजती रहेगी। बिजली की घटी मे धारा भेजने के लिये बटनस्विच लगा रहता है। जब तक बटन दबा रहेगा घन्टी बजती रहेगी।

चित्र १४६

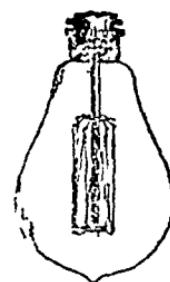
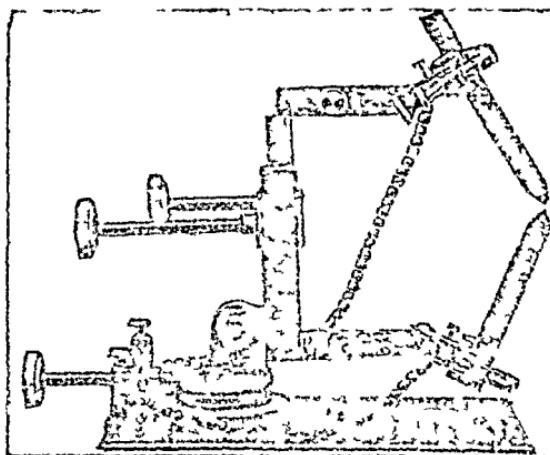
तार भेजने का यंत्र

चित्र मे तार भेजने का यत्र दिखालाया गया है। बाएं हाथका पेच पृथ्वी से सलग्न है और दहने हाथ का पेच विद्युद्घट माला (Battery of cells) से। L एक धातु निर्मित डंड है जो P कीली पर घूम सकता है। S कमानी से खिंचाव से L का बायाँ छोर नीचे की ओर दब कर बाये पेच से संलग्न रहता है। L के दहने सिरे पर एक इबोनैट की घुन्डी लगी रहती है, जिससे हम L को दबाकर M से स्पर्श करा सकते हैं।

M से स्पर्श करते ही विद्युद्धारा आने लगती है, जो L में होकर P तक पहुॅचती है और वहॉ से तार द्वारा दूर के स्थान को चली जाती है।

चित्र १५०

तार लेने का यंत्र

दूसरे स्थान पर यह धारा पहुॅचकर एक विद्युच्चुम्बक मे प्रवेश करती है, जिसमे चुम्कीय शक्ति जाग्रत होकर A डंड को खींच लेती है। यह डड बाईं तरफ की कमानी के कारण उसी तरफ झुका है। और दाहिनी तरफ उठा रहता है। जब यह विद्युच्चुम्बक की तरफ खिचता है तो S_2 पेच पर टकराता है। जब धारा का आना बन्द हो जाता है तो फिर यह ऊपर उठकर S_1 से टकराता है। इन दो टकराने के शब्दों का अन्तर भेजने वाले यत्र के D के दबाने के समय पर निरभर रहता हैं। अतएव D को कम या अधिक समय तक दबाये रखने से खटखट शब्दों का अन्तर न्यूनाधिक कर सकते हैं। इन्ही न्यूनाधिक अन्तरों पर कोड बनाया गया है। थोड़े अन्तर को dot या **गिर** कहते हैं और देर के अन्तर को dash या गट्ट कहते हैं। इन्हीं dots तथा Dash की सहायता से वर्ण-माला के द्योतक चिन्ह बना लिए जाते हैं। बहुत दिन हुए जब बिजली की धारा के आने तथा जाने दोनों के लिए अलग अलग तार काममे लाये

जाते थे, परन्तु कुछ समय से केवल एक तार का प्रयोग करते हैं। दूसरे तार का काम धरती से लेते हैं।

चित्र १५१   चित्र १५२—बल्ब (Bulb)

चित्र १५३—आर्कलेम्प (Arclamp)

बिजली के बल्ब

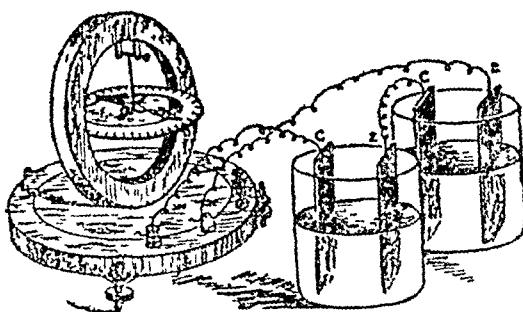
हम बतला चुके हैं कि पतली तार मे होकर विद्युत्धारा बहती है तो खूब गरम हो जाता है। इसी सिद्धान्त पर बिजली के बल्ब बनाये जाते हैं।

बल्ब दो प्रकार के काम आते हैं। एक तो वह जिनमे तार बहुत लम्बा होता है और कई खूटियों पर जाल की नाई तना रहता है। इन बल्बों मे शून्य रहता है। वायु निकाल दी जाती है।

दूसरे प्रकार के बल्बो मे कोई अक्रियात्मक (inactive) गैस भर दी जाती हैं। इन बल्बो का तार छोटा होता है। यही Gas filled lamps गैस भरी बत्तियाँ या Half Watt lamp अर्ध वाट लेम्प कहलाते हैं। इनमे बिजली कम खर्च होती है।

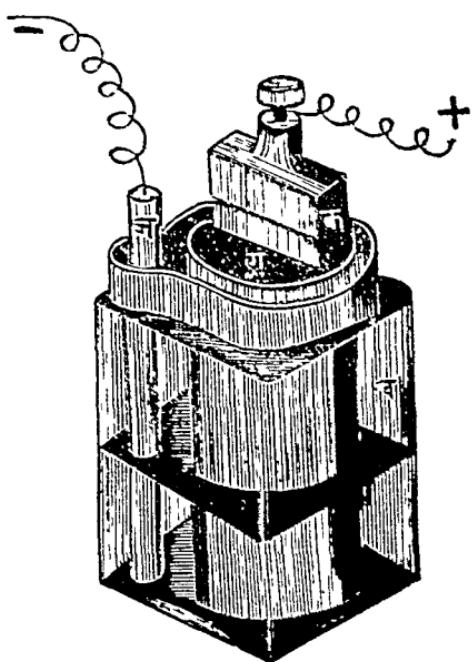
बिजली के चूल्हे या स्टोव

नाइक्रोम, (Nichrome) जो निकिल तथा क्रोमियम का धातु मिश्रण होता, बिजली की धारा के सचालन मे बहुत ज्यादा बाधा Resistance उपस्थित करता है। इसीलिए इसी धातु मिश्रण के तारों से बिजली के चूल्हे अथवा स्टोव बनाये जाते हैं।

ऐसी ही स्टोव को किसी धातु निर्मित्त नतोदर दर्पण की नाभि पर रख दे तो जो गर्मी पैदा होकर दर्पण की ओर जायगी वह प्रतिफलन के पश्चात् कमरे मे फैल जायगी।

चित्र १५४—विद्युद्धारा मापक से संबद्ध दो विद्युद्घट

बिजली से आजकल बहुत काम लिये जाते हैं, बिजली की झाड़ू, दूध निकालने की मशीन, पखा आदि अनेक साधन मनुष्य को सुख पहुँचाने के बिजली द्वारा उपस्थित हैं।

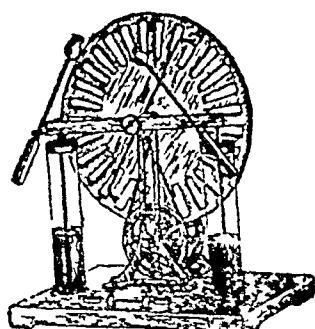
घंटियो और तार घरो में काम आने वाली बाटरी

जिस बाटरी से थोडे समय के लिए बिजली की अच्छी धारा प्राप्त हो सकती है वह लेकलाकी विद्युत् घट है (Lechlanche cell)। इस घट का बाहरी बर्तन चीनी अथवा काच का होता है, जिसमे नौसादर (Ammonium Chloride) का सपृक्त घोल भरा रहता है। इस घोल में जस्ते की छड पड़ी रहती है। एक मसामदार चीनी के बेलनाकार बर्तन मे मगनीज द्विओषिद तथा कर्बन के टुकड़ों का मिश्रण भरा रहता है। इस मिश्रण के बीचों बीच कर्बन की एक छोटी तखती लगी रहती हैं। इस बर्तन का मुँह लाख या चपडे से बन्द करके उसमे एक दो सूराख गैस आदि निकलने के लिए रख देते हैं।

चित्र १५५—लेकलाकी विद्युत् घट (Lechlanche cell)

जब विद्युच्चक्र पूरा होता है तो जस्ता नौसादर मे घुल कर अमोनियम् के आयन (ion) पैदा कर देता है, जो घोल तथा मिश्रण में से होकर

कर्बन की प्लेट तक पहुॅच जाते हैं। वहाँ पर अपनी विद्युन्मात्रा प्लेट को देकर स्वय अमोनिया के अणु तथा उज्जन के साधारण परमाणु बन जाते हैं। इन्हे मंगनीज़ द्विओषिद पानी में परिणत कर देता है। द्विओषिद ठोस होने के कारण अच्छा गैसोच्छेदक नही है। इसी लिए यह बाटरी थोड़े समय के लिए ही काम दे सकती है, तदनन्तर उसे विश्राम देना पड़ता है। द्विओषिद अच्छा चालक भी नही है, इस लिए उसमे कर्बन के टुकड़े मिला देते हैं।

सूखी बाटरी (Dry cell)

जो सूखी बाटरी टोर्च मे काम आती हैं, वह भी लेकलाकी सेल ही होती हैं। इनमें बाहर का बर्तन जस्ते का रहता है। उस पर पारिस प्लास्टर (Plaster of Paris) आटा, यशद हरिद (Zinc Chloride) और पानी के मिश्रण का अस्तर चढा रहता हैं। उसके भीतर एक मलमल के टुकड़े मे कर्बन की तखती या छड़ तथा उसके चारों ओर मंगनीज़ द्विओषिद तथा कर्बन के टुकड़ों का मिश्रण बंधा रहता हैं। उक्त बेलनाकार जस्ते के बर्तन मे इसको रख कर किसी दफती मे लपेट देते हैं और बर्तन का मुँह चपड़े से बद कर चपड़े मे दो एक छिद्र बना देते हैं। इन विद्युत् घटो मे जस्ता ऋणात्मक तथा कर्बन घनात्मक डक होता है।

चित्र १५६—बिजली की चिंगारी

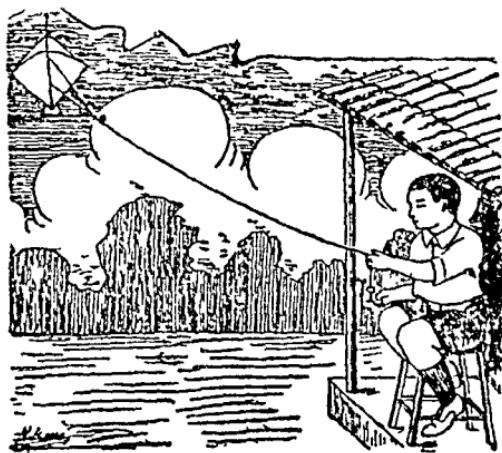
चित्र १५७—व्हिमशर्स्ट यंत्र (Whimshurst machine)

सिनेमा के लेम्प

सिनेमा आदि मे बहुत तीव्र प्रकाश की आवश्यकता होती है। यह लेम्प भी बिजली से प्रदीप्त होते हैं, इन्हें arc lamp आर्क लेम्प कहते हैं।

पहले दोनों कार्बन की पेंसिले सटाकर रख दी जाती हैं और उनमे धारा प्रवाहित की जाती है। तदनन्तर पेंसिले धीरे धीरे दूर हटाई जाती हैं। उनके बीच मे बिजली का अत्यन्त तीव्र प्रकाश उत्पन्न हो जाता है। (देखो चित्र १५३)

आकाश की बिजली

जो विजली काँच की छडो को घिस कर पैदा करते हैं वैसी ही बिजली बादलों मे प्राय उपपादन द्वारा प्रकट हो जाती है। यह बात वेंजमिन फ्रेंकलिन ने पतग मे कील बाँधकर सिद्ध कर दी थी। पतङ्ग उड़ाकर उसकी डोर मे एक और कील बाँध कर लटका दी, इस कील से बिजली की चिगारियाँ निकलती थी।

चित्र १५८

इस बात को प्रयोगशाला मे दिखाने के लिए Whimshurst machine काम मे लाते हैं।

इसमें दो एवोनैट की प्लेटे रहती हैं, जिन पर पन्नी के "श्री" के आकार के टुकड़े लगे रहते हैं। देानो प्लेट एक धुरे पर (Axle) इस प्रकार आरूढ़ कर दी जाती हैं कि देानो एक ही दस्ते से विपरीत दशाओ मे घूमें। प्लेटों के दाएँ बाएँ कँघियाँ लगी रहती हैं, जिनमे विद्युत् उपपादन से पैदा होती है। कँघियों से लगी हुई दे धातु की पतली छड़े रहती हैं, जिनको पास पास रखने पर चिंगारियाँ पैदा होती हैं। यदि इन छड़ों को कडेसरों (Condensers) से सबद्ध कर दे तो १ या २ इञ्च लम्बी चिनगारियाँ चटाचट निकलती दिखाई पड़ेगी। उनका शब्द भी सुनाई पड़ेगा। यह छोटी चिनगारियाँ बतला देंगी कि किस प्रकार मेघ मालाओं मे विद्युच्छक्ति उत्पन्न होकर शब्द उत्पन्न कर देती है, जिसे घन का गर्जन कहते हैं।